

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **63-266259**

(43)Date of publication of application : **02.11.1988**

(51)Int.Cl.

F16H 5/66

B60K 41/06

(21)Application number : **62-097019**

(71)Applicant : **MITSUBISHI MOTORS CORP**

(22)Date of filing : **20.04.1987**

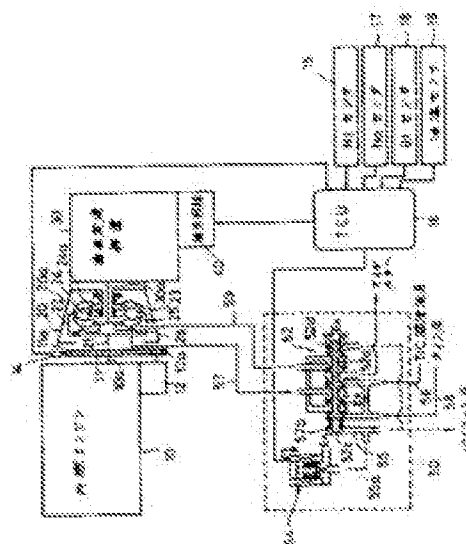
(72)Inventor : **HIRAMATSU TAKEO**

(54) HYDRAULIC CONTROL METHOD FOR AUTOMATIC TRANSMISSION

(57)Abstract:

PURPOSE: To carry out speed change control stably by adding a detected level of engine rotation variation rate multiplied by a predetermined factor to a transmission torque level detected through a driving force transmission device, then controlling torque capacity of a frictional speed change engaging element corresponding to the sum.

CONSTITUTION: A transmission control unit 16 takes in rotation N_e of engine from sensors 14, 15, 17W19, rotation N_t of turbine for a torque converter 20, rotation N_o of a transfer drive gear, throttle valve opening θ_t , oil temperature, etc., and calculates variation rate of engine rotation and transmission torque of the torque converter 20. Then a transmission torque is added to an engine rotation variation rate multiplied by a factor so as to obtain an instantaneous level of torque of an input shaft 30a accurately, then the instantaneous torque level is employed as a parameter for operating a hydraulic circuit 40 and controlling torque capacity of a frictional engaging element in the transmission 30. Consequently, speed change control can be made stably with high response even if engine torque varies during speed change.



⑬ Int.Cl.⁴F 16 H 5/66
B 60 K 41/06

識別記号

1 0 3

庁内整理番号

7331-3J
8108-3D

⑭ 公開 昭和63年(1988)11月2日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全30頁)

⑮ 発明の名称 自動変速装置の油圧制御方法

⑯ 特 願 昭62-97019

⑰ 出 願 昭62(1987)4月20日

⑱ 発 明 者 平 松 健 男 東京都港区芝5丁目33番8号 三菱自動車工業株式会社内

⑲ 出 願 人 三菱自動車工業株式会社 東京都港区芝5丁目33番8号

⑳ 代 理 人 弁理士 長門 侃二

明 細 書

1. 発明の名称

自動変速装置の油圧制御方法

2. 特許請求の範囲

伝達トルクが検出可能な駆動力伝達装置を介してエンジンの駆動力が変速装置に伝達され、更に、該変速装置の変速用摩擦係合要素による変速段の切換により適宜の変速段に変速されて車輪に伝達される駆動系の、前記変速装置の油圧制御方法において、前記エンジンの回転数の変化率を検出し、前記駆動力伝達装置の検出された伝達トルクと、前記検出したエンジン回転数変化率に所定値を乗算した積値とを加算し、該加算値に応じて前記変速用摩擦係合要素のトルク容量を制御することを特徴とする自動変速装置の油圧制御方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、車両用自動変速装置の油圧制御方法に関する。

(従来の技術及びその問題点)

電子制御自動変速装置の変速中における変速クラッチ(摩擦係合要素)に供給される作動油圧を、スロットル弁の開度や車速を検出し、これらから予め決められた電気量を作動油圧制御用ソレノイド弁に付加して調整するものが知られている。斯かる従来の自動変速装置において、スロットル弁の開度や車速の検出値は変速装置に入力する伝達トルクを必ずしも正確に表すパラメータでないもので、変速ショックがなく円滑迅速な変速を確実に行うことが出来ない。

又、変速時における変速装置の入力軸回転速度の変化率を検出し、これを目標変化率に合致させるように、結合側クラッチ又は解放側クラッチへの供給圧をフィードバック制御するものが知られている。しかしながら、この種のフィードバック制御は、変速中にスロットル弁の開度が急変する場合における追従性が悪いと、入力軸の回転変化率をハンチングさせ、これに伴って出力トルクもハンチングさせてしまい、円滑な変速が出来ない。又、変速開始時のクラッチへの供給圧(初期

値)が適正でなければ、この場合にもハンチングが生じ易い。

上述の不都合を解消するためには変速装置の入力軸トルクの瞬時値を検出し、これを変速用クラッチの油圧制御に用いることが要請される。

従来、動力伝達軸の軸トルクを検出する方法として、歪ゲージや磁歪を利用してこれを検出する方法が知られているが、これらのセンサは大形であり、検出値への熱的影響が大きく、回転体である軸トルクを検出するためにはスリップリングが必要になり、スリップリングの信頼性及びコストに問題があった。

スロットル弁の開度とエンジン回転数に応じてエンジンの発生トルクをマップ化しておき、これらの検出値に応じてトルク値を演算する方法が考えられるが、エンジン性能の劣化に対応することが難しく、エンジン温度(エンジン水温)の変化に対しても対応出来ないという問題がある。また、ターボチャージャ等の過給機を備えるエンジンにあっては、急加速時のタイムラグにより発生

トルクを上記スロットル弁の開度及びエンジン回転数だけでは正確に検出し得ないという問題がある。

更に、燃料噴射量と吸気量に応じて発生トルクをマップ化しておき、これらの検出値に応じてトルク値を演算する方法も考えられるが、クランク軸等のフリクションロスが変化すると演算トルク値に誤差が生じてしまう。又、エンジン温度によっても誤差が大きいという問題がある。

本発明は斯かる問題点を解決するためになされたもので、動力伝達系の伝達トルクを大掛かりな検出装置を用いないで正確に且つ確実に変速装置の入力軸トルクの瞬時値を検出し、追従性がよく安定な自動変速装置の油圧制御方法を提供することを目的とする。

(問題点を解決するための手段)

上述の目的を達成するために本発明に依れば、伝達トルクが検出可能な駆動力伝達装置を介してエンジンの駆動力が変速装置に伝達され、更に、該変速装置の変速用摩擦係合要素による変速段の

切換により適宜の変速段に変速されて車輪に伝達される駆動系の、前記変速装置の油圧制御方法において、前記エンジンの回転数の変化率を検出し、前記駆動力伝達装置の検出された伝達トルクと、前記検出したエンジン回転数変化率に所定値を乗算した積値とを加算し、該加算値に応じて前記変速用摩擦係合要素のトルク容量を制御することを特徴とする自動変速装置の油圧制御方法が提供される。

(作用)

本発明は、内燃エンジンの爆発による平均トルクから該エンジンのフリクションロスを差し引いた正味エンジントルクは、トルクコンバータ等の駆動力伝達装置の伝達トルクと、エンジン回転数変化率にクランク軸回転イナーシャ等の所定値を乗算した積値との加算値として演算することができるとの知見に基づくもので、駆動力伝達装置の検出された伝達トルクと、検出したエンジン回転数変化率から変速装置の入力軸トルクの瞬時値の演算が可能になり、この演算された入力軸トルク

の瞬時値を用いて変速用摩擦係合要素に供給される作動油圧を調整すれば、追従性がよく安定な変速用摩擦係合要素のトルク容量の制御が可能になる。

(実施例)

以下、本発明の一実施例を図面に基づき詳細に説明する。

第1図は、本発明方法を実施する車両用の、トルクコンバータを備える電子制御自動変速装置の概略構成を示し、内燃エンジン10は、例えば6気筒エンジンであり、そのクランク軸10aにはフライホイール11が取り付けられ、該フライホイール11を介して、駆動力伝達装置としてのトルクコンバータ20の駆動軸21の一端がクランク軸10aに直結されている。トルクコンバータ20はケーシング20a、ポンプ23、ステータ24、及びタービン25からなり、ポンプ23はトルクコンバータ20の入力用ケーシング22を介して前記駆動軸21の他端に連結され、ステータ24はワンウェイクラッチ24aを介してケーシング20a

に連結されている。又、タービン25は歯車変速装置30の入力軸30aに接続されている。

本実施例のトルクコンバータ20はスリップ式の直結クラッチ、例えばダンパクラッチ28を備えており、このダンパクラッチ28は入力用ケーシング22とタービン25間に介装され、係合時(直結時)においても適宜のスリップを許容してトルクコンバータ20のポンプ23とタービン25とを機械的に直結させるもので、ダンパクラッチ28のスリップ量、即ち、ダンパクラッチ28を介して伝達されるトルクはダンパクラッチ油圧制御回路50により外部から制御される。ダンパクラッチ油圧制御回路50は、ダンパクラッチコントロールバルブ52及びダンパクラッチコントロールソレノイドバルブ54からなり、ソレノイドバルブ54は常閉型のオンオフ弁であり、そのソレノイド54aはトランスミッションコントロールユニット(以下これを「TCU」という)16に電氣的に接続されている。ダンパクラッチコントロールバルブ52はダンパクラッチ28に供給

される作動油の油路を切り換えると共に、ダンパクラッチ28に作用する油圧を制御する。即ち、ダンパクラッチコントロールバルブ52はスプール52aと、このスプール52aの図示左端面が臨む左端室52bに収容され、スプール52aを図示右方向に押圧するバネ52cとから構成され、左端室52bには図示しないパイロット油圧源に連通するパイロット油路55が接続されている。パイロット油路55にはドレン側に通過する分岐路55aが接続され、この分岐路55a途中で前記ソレノイドバルブ54が配設されて、ソレノイドバルブ54の開閉により左端室52bに供給されるパイロット油圧の大きさが制御される。スプール52aの右端面が臨む右端室52dにも前記パイロット油圧源からのパイロット油圧が供給されている。

左端室52bにパイロット油圧が作用してダンパクラッチコントロールバルブ52のスプール52aが図示右極限位置に移動するとトルクコンバータ20に供給されたトルクコンバータ(T/C)潤

滑油圧が油路56、コントロールバルブ52、油路57を介して、入力用ケーシング22とダンパクラッチ28間に形成される油圧室に供給され、ダンパクラッチ28の係合が解除される。一方、左端室52bにパイロット油圧が供給されず、スプール52aが図示左極限位置に移動すると、図示しない油圧ポンプからのライン圧が油路58、コントロールバルブ52、油路59を介して、ダンパクラッチ28とタービン25間に形成される油圧室に供給され、ダンパクラッチ28を入力用ケーシング22に摩擦係合させる。

TCU16によりダンパクラッチソレノイドバルブ54のデューティ率Dcを制御するとスプール52aは左端室52bに作用するパイロット油圧とバネ52cのバネ力の合力が、右端室52dに作用するパイロット油圧とバランスする位置に移動し、この移動位置に対応する油圧がダンパクラッチ28に供給され、ダンパクラッチ28における伝達トルクTcが所要値に制御される。

前記歯車変速装置30は、例えば前進4段後進

1段のギアトレインを有する。第2図は歯車変速装置30の部分構成図であり、入力軸30aには第1の駆動ギア31及び第2の駆動ギア32が回転自在に遊嵌されており、第1の駆動ギア31及び第2の駆動ギア32間の入力軸30aには変速用摩擦係合要素としての油圧クラッチ33及び34が固設され、各駆動ギア31及び32は、夫々クラッチ33及び34に係合することにより入力軸30aと一体に回転する。入力軸30aと平行して中間伝動軸35が配設され、この中間伝動軸35は図示しない最終減速歯車装置を介して駆動車軸に接続されている。中間伝動軸35には第1の駆動ギア31と噛合する第1の被駆動ギア36、及び第2の駆動ギア32と噛合する第2の被駆動ギア37が固設されており、クラッチ33と第1の駆動ギア31に係合すると入力軸30aの回転は、クラッチ33、第1の駆動ギア31、第1の被駆動ギア36、中間伝動軸35に伝達され、第1の変速段(例えば、第1速)が達成される。クラッチ33の係合が解除され、クラッチ34と第2の駆動ギ

ア32が係合すると入力軸30aの回転は、クラッチ34、第2の駆動ギア32、第2の被駆動ギア37、中間伝動軸35に伝達され、第2の変速段(例えば、第2速)が達成される。

第3図は、第2図に示す油圧クラッチ33及び34に油圧を供給する油圧回路40を示し、第1の油圧制御弁44、第2の油圧制御弁46、ソレノイド弁47及びソレノイド弁48から構成される。第1及び第2の油圧制御弁44、46には、その各ボア44a、46aにスプール45、49が夫々摺動自在に嵌挿され、スプール45、49の各右端面が臨む右端室44g、46gが夫々形成されている。各右端室44g、46gにはバネ44b、46bが収容され、バネ44b、46bはスプール45、49を図示右側に押圧している。そして、第1及び第2の油圧制御弁44、46には、スプール44、46の各左端面が臨む左端室44h、46hが夫々形成されている。これらの左端室44h、46hはオリフィス44i、46iを介してドレイン側に連通している。

1の油圧制御弁44のポート44dには油路41aの一端が接続され、油路41aの他端は油圧クラッチ33が接続されている。第2の油圧制御弁46のポート46dには油路41bの一端が接続され、油路41bの他端は油圧クラッチ34が接続されている。図示しない前記パイロット油圧源から延びるパイロット油路42は第1及び第2の油圧制御弁44、46の各左端室44h、46hに連通するポート44e、46eに接続されると共に、ソレノイド弁47及び48の各ポート47c、48cに接続されている。ソレノイド弁47及び48の各ポート47d、48dはパイロット油路42a、42bを介して第1及び第2の油圧制御弁44、46の各右端室44g、46gに連通するポート44f、46fに夫々接続されている。ソレノイド弁47及び48の各ポート47e、48eはドレイン側に連通している。

油路41は図示しない調圧弁等により所定圧に圧された作動油圧(ライン圧)を第1及び第2の油圧制御弁44、46に供給し、パイロット油路

ソレノイド弁47は常開型の3方切換弁であり、3つのポート47c、47d、47eを有する。そして、ソレノイド弁47は弁体47aと、該弁体47aをポート47e側に押圧してポート47eを閉塞するバネ47bと、付勢時にバネ47bのバネ力に抗して弁体47aをポート47c側に移動させ、該ポート47cを閉塞させるソレノイド47fから構成される。一方、ソレノイド弁48は常閉型の3方切換弁であり、3つのポート48c、48d、48eを有する。そして、ソレノイド弁48は弁体48aと、該弁体48aをポート48c側に押圧して48cを閉塞するバネ48bと、付勢時にバネ48bのバネ力に抗して弁体48aをポート48e側に移動させ該ポート48eを閉塞させるソレノイド48fから構成される。各ソレノイド弁47及48の各ソレノイド47f、48fはTCU16の出力側に夫々接続されている。

図示しない前記油圧ポンプから延びる油路41第1の油圧制御弁44及び第2の油圧制御弁46の各ポート44c、46cに接続されており、第

42は図示しない調圧弁等により所定圧に調圧されたパイロット油圧を第1及び第2の油圧制御弁44、46及びソレノイド弁47、48に供給する。

第1の油圧制御弁44のスプール45が左動するとポート44cを閉塞していたスプール45のランド45aがポート44cを開き、作動油圧が油路41、ポート44c、ポート44d、油路41aを介してクラッチ33に供給され、スプール45が右動するとランド45aによりポート44cが閉塞される一方、ポート44dがドレインポート44jと連通してクラッチ33の油圧がドレイン側に排除される。第2の油圧制御弁46のスプール49が左動するとポート46cを閉塞していたスプール49のランド49aがポート46cを開き、作動油圧が油路41、ポート46c、ポート46d、油路41bを介してクラッチ34に供給され、スプール49が右動するとランド49aによりポート46cが閉塞される一方、ポート46dがドレインポート46jと連通してクラッチ34

の油圧がドレイン側に排除される。

前記フライホイール11の外周にはスタータ12のピニオン12aと噛合するリングギア11aが外嵌されており、このリングギア11aは所定の歯数(例えば、110枚)を有し、リングギア11aに対向して電磁ピックアップ14が付設されている。電磁ピックアップ(以下これを「Neセンサ」という)14は、詳細は後述するように、エンジン10のエンジン回転数Neを検出するもので、TCU16の入力側に電気的に接続されている。

TCU16の入力側には、トルクコンバータ20のタービン25の回転数Ntを検出するタービン回転数センサ(Ntセンサ)15、図示しないトランスファドライブギアの回転数Noを検出するトランスファドライブギア回転数センサ(Noセンサ)17、エンジン10の図示しない吸気通路途中に配設されたスロットル弁の弁開度θtを検出するスロットル弁開度センサ(θtセンサ)18、図示しない油圧ポンプから吐出される作動油の油温Toilを検出する油温センサ19等が接続され、

先ず、TCU16はNeセンサ14の検出信号からエンジン回転数Ne及びエンジン回転数Neの変化率ωeを演算する(ステップS12)。Neセンサ14は、リングギア11aが一回転する間にリングギア11aの4つの歯数を検出する毎に1個のパルス信号を発生してこれをTCU16に供給している。TCU16は、第5図に示すように1デューティサイクル、即ち、28.6msec(35Hz)の間に供給されるNeセンサ14からのパルス信号の内、最後の9個のパルスを検出するに要した時間tp(sec)を計時して次式(1)からエンジン回転数Ne(rpm)を演算し、今回デューティサイクルのエンジン回転数(Ne)nとしてこれを前記記憶装置に記憶する。

$$Ne = (9 \times 4) + 110 + tp \times 60 \\ = 216 + (11 \times tp) \quad \dots \dots (1)$$

そして、前回のデューティサイクルにおいて記憶したエンジン回転数(Ne)n-1と、今回のデューティサイクルにおいて記憶したエンジン回転数(Ne)nからエンジン回転数変化率ωe(rad/sec²)

各センサからの検出信号がTCU16に供給される。

以下、上述のように構成される歯車変速装置の作用を説明する。

TCU16は図示しないROM、RAM等の記憶装置、中央演算装置、I/Oインターフェイス、カウンタ等を内蔵しており、TCU16は記憶装置に記憶されたプログラムに従って以下のように変速油圧制御を行う。

TCU16は、第4図に示すメインプログラムルーチンを所定の周期、例えば35Hzの周期で繰り返し実行する。このメインプログラムルーチンでは、先ず、ステップS10で後述する各種の初期値の読み込み設定が実行される。次いで、TCU16は各種センサ、即ち、Neセンサ14、Ntセンサ15、Noセンサ17、θtセンサ18、油温センサ19等からの検出信号を読み込み記憶する(ステップS11)。そして、TCU16はこれらの検出信号から変速制御に必要なパラメータ値を以下のように演算記憶する。

を次式(2)により演算記憶する。

$$\omega e = \Delta Ne \times 2\pi + 60 + T \\ = (\pi/30T) \times \Delta Ne \quad \dots \dots (2)$$

ここに、 $\Delta Ne = (Ne)_n - (Ne)_{n-1}$ 、 $T = (T_1 + T_2)/2$ であり、 T_1, T_2 は夫々第5図に示すように、前回及び今回のデューティサイクルのtp時間のカウンタ終了時点間の時間及びカウンタ開始時点間の時間(sec)である。

タービン軸トルクTtの演算

次いで、TCU16はステップS13に進み、エンジンの正味トルクTe及びトルクコンバータ出力軸トルク(以下、これを「タービン軸トルク」という)Tt(kg・m)を演算する。

ここで、変速中の解放側又は結合側のクラッチの摩擦トルクTbとタービン軸トルクTt及び変速中のタービン回転変化率ωtとの関係は次式(A1)で示される。

$$Tb = a \cdot Tt + b \cdot \omega t \quad \dots \dots (A1)$$

ここに、a、bは1速から2速へのシフトアップ、4速から3速へのシフトダウン等のシフトバ

ターン（変速の種類）、各回転部の慣性モーメント等により決定される定数である。上式（A1）から分かるようにクラッチの摩擦トルク T_b 、即ちクラッチ33、34の作動油圧をタービン軸トルク T_t 及び変速中のタービン回転変化率 ω_t とで決定すればエンジン性能の劣化、エンジン水温等の影響を受けずに設定することができ、斯かる考えに基づいて得た実験式やデータは異種エンジンにも容易に適用が可能となる。又、タービン軸トルク T_t の変化に拘わらず、タービン回転変化率 ω_t を目標値通りにフィードバック制御したい場合に、タービン回転変化率 ω_t の目標値からのずれを後追い修正するのではなく、タービン軸トルク T_t の変化量分だけ摩擦トルク T_b 、即ちクラッチ33、34の作動油圧を増減させておけば、フィードバック制御の修正ゲインを大きく設定しなくても追従性のよい、しかも安定した変速制御が可能になる。更に、変速開始時における結合側クラッチの摩擦トルクが発生開始時点でのタービン軸トルク T_t を適宜値に設定し、上述の式（A1）から目標と

するタービン回転変化率 ω_t が得られる摩擦トルク T_b になるように、クラッチへの供給油圧を設定すれば、結合側クラッチの摩擦トルクが発生開始時点から目標値に近いタービン回転変化率 ω_t が得られることになり、変速フィーリングの向上が図れる。

そこで、タービン軸トルク T_t は、次式（3）で演算されるエンジン正味トルク T_e を用いて次式（4）により演算し、これらの演算値は前記記憶装置に記憶する。

$$T_e = C \cdot N_e^2 + I_e \cdot \omega_e + T_c \quad \dots (3)$$

$$T_t = t (T_e - T_c) + T_c$$

$$= t (C \cdot N_e^2 + I_e \cdot \omega_e) + T_c \quad \dots (4)$$

ここに、 T_e はエンジン10の爆発による平均トルクからフリクションロスやオイルポンプ駆動トルク等を差し引いた正味トルクであり、 C はトルク容量係数であり、記憶装置に予め記憶されているトルコン特性テーブルから、タービン回転数 N_t とエンジン回転数 N_e との速度比 $e (=N_t/N_e)$ に応じて読み出される。従って、速度比 e は N_t セン

サ15により検出されるタービン回転数 N_t と、 N_e センサ14により上述のようにして検出されるエンジン回転数 N_e とから速度比 e を先ず演算した後、演算した速度比 e に応じてトルク容量係数 C が記憶装置から読み出される。 I_e はエンジン10の慣性モーメントであり、エンジン毎に設定される一定値、 t はトルク比であり、これも記憶装置に予め記憶されているトルコン特性テーブルから、タービン回転数 N_t とエンジン回転数 N_e との速度比 $e (=N_t/N_e)$ に応じて読み出される。

T_c はダンパクラッチ28の伝達トルクであり、この種のスリップ式直結クラッチではトルク T_c は次式（5）により与えられる。

$$T_c = P_c \cdot A \cdot r \cdot \mu$$

$$= a_1 \cdot D_c - b_1 \quad \dots (5)$$

ここに、 P_c はダンパクラッチ28の供給油圧であり、 A はダンパクラッチ28のピストン受圧面積、 r はダンパクラッチ28の摩擦半径、 μ はダンパクラッチ28の摩擦係数である。そして、

ダンパクラッチ28の供給油圧 P_c はダンパクラッチソレノイドバルブ54のデューティ率 D_c に比例するので上式（5）が得られる。尚、 a_1 及び b_1 はシフトモードに応じて設定される定数であり、又、上式（5）により演算される T_c 値が正の場合にのみ有効であり、負の場合には $T_c = 0$ に設定される。

新しくして演算記憶されたエンジン正味トルク T_e 及びタービン軸トルク T_t は、 N_e センサ14が検出するエンジン回転数 N_e 、 N_t センサ15が検出するタービン回転数 N_t 、及びダンパクラッチソレノイドバルブ54のデューティ率 D_c により略一義的にそれらの各瞬時値が演算決定できる。しかも、上述の演算式（3）及び（4）から明白のように、エンジン出力トルク T_e は $I_e \cdot \omega_e$ 項を含んで演算されるのでタービン回転変化率 ω_t や摩擦トルク T_b の影響を殆ど受けない。このため、タービン回転変化率 ω_t を目標値に設定するために摩擦トルク T_b 、即ち、クラッチの供給圧を調整した場合タービン軸トルク T_t が変化してしまうと

いう、互いに干渉し合って制御不能の事態が生じることがない。特に、変速途中においてアクセルワーク等による外乱によりタービン軸トルクが増減し、これを補正するように摩擦トルク T_b を調整した場合に、上述のような干渉が生じないので、応答性の良い変速制御を得る上で有利である。

次に、TCU16はステップS14において、スロットル弁の開度 θ_t とトランスファドライブギア回転数 N_o とから、歯車変速装置30において確立すべき変速段を判定する。第6図は第1の変速段(以下、これを「第1速」として説明する)と、これより一つ高速段である第2の変速段(以下、これを「第2速」として説明する)の変速領域を示し、図中実線は第1速から第2速にシフトアップする場合の第1速領域と第2速領域を分ける境界線であり、図中破線は第2速から第1速にシフトダウンする場合の第1速領域と第2速領域を分ける境界線である。TCU16は第6図から確立すべき変速段を決定し、これを記憶装置に記憶しておく。

上述のパワーオンオフ判別方法は以下の考えに基づくものである。即ち、一般に、クラッチの摩擦トルク T_b とタービン軸トルク T_t 及び変速中のタービン回転変化率 ω_t との関係を与える前記式(A1)において、タービン軸トルク T_t を0に、タービン回転変化率 ω_t を目標値 ω_{to} に設定すれば上式(6)が得られ、クラッチ以外のエレメントが作動していない状態において、上記目標値 ω_{to} を得るだけのタービン軸トルク T_t が発生しているか否かでパワーオンオフ判別を行うものである。これにより、従来、パワーオンオフ判別を単にエンジン出力の正負により判別していたものと比較して、従来方法の欠点である次の不都合が解消される。

即ち、パワーオン状態とパワーオフ状態とで異なるロジックで変速制御を行うものでは、

(1)アップシフトの場合、エンジン出力が僅かに負の値をとるとパワーオフ状態と判定されてしまい、結合側摩擦エレメント(クラッチ)が解放されたままとなり、変速が完了しない、

パワーオンオフ判別

次いで、TCU16はステップS15に進み、パワーオンオフ判別ルーチンを実行する。第7図はパワーオンオフ判別ルーチンのフローチャートを示し、先ず、ステップS151において判別値 T_{to} を設定する。この判別値 T_{to} は次式(6)により演算される。

$$T_{to} = a_2 \cdot \omega_{to} = 2\pi \cdot a_2 \cdot N_1 \quad \dots\dots(6)$$

ここに、 a_2 及び N_1 はシフトパターンに応じて予め設定されている所定値であり、アップシフトの場合には負の値に、ダウンシフトの場合には正の値に夫々設定されている。次に、TCU16は前記ステップS13で演算したタービン軸トルク T_t が判別値 T_{to} より大きいかな否かを判別する(ステップS152)。そして、判別結果が肯定(Yes)の場合にはパワーオンシフトと判定し(ステップS153)、否定(No)の場合にはパワーオフシフトと判定する(ステップS154)。TCU16はパワーオンオフ判別結果を記憶装置に記憶して第4図に示すメインルーチンに戻る。

(2)逆に、ダウンシフトの場合、エンジン出力が僅かに正の値をとるとパワーオン状態と判定されてしまい、トランスミッションの入力軸の回転が自動上昇するのを待つことになり、結合側摩擦エレメント(クラッチ)が結合せず変速が完了しない、という不都合が解消される。

尚、リフトフットアップシフトやアクセルペダルを踏み込みながらのダウンシフト時には極力速くパワーオンオフ判定を行う必要があるが、上述のパワーオンオフ判別において、タービン軸トルク T_t として前記式(4)で求められる、エンジン正味トルクにトルク比 i を乗算して求められる、言わば仮想タービン軸トルクを用いているので、式(4)から $I_e \cdot \omega_e$ の項を省いて求められる実タービン軸トルク $T_t' (= i \cdot C N_e^2 + T_c)$ を用いてパワーオンオフ判別を行う場合より迅速に判別を行い得る。即ち、例えば、リフトフットアップシフト時にはエンジン出力の低下を極力早期に感知して解放側エレメント(クラッチ)を逸早く解放すれば、低速段での減速ショックが回避で

きる。これを第26図を参照して説明すると、アクセルペダルが解放されてアップシフトに移行すると(第26図の(a))、実タービン軸トルク T_t' は第26図(b)に示す破線に沿って変化する一方、仮想タービン軸トルク T_t は第26図(b)に示す実線に沿って変化する。従って、仮想タービン軸トルク T_t を用いた場合には第26図(b)に示す t_1 時点において、実タービン軸トルク T_t' を用いた場合には第26図(b)に示す t_2 時点において夫々パワーオフ状態の検出が可能になる。この結果、仮想タービン軸トルク T_t を用いた場合には、実タービン軸トルク T_t' を用いた場合に比べ $\Delta t (= t_2 - t_1)$ だけ速くパワーオフ判別を行うことができ、それだけ速く解放側エレメントを解放させることができ、出力軸トルクの落ち込み(第26図(c)の斜線部参照)がなく減速ショックを回避することが出来る。

第4図に戻り、次にTCU16は前記ステップS14において判別した、確立すべき変速域が、前回デューティサイクルにおいて判別した結果と

4図のステップS13において演算記憶されるタービン軸トルク値、 a_4, c_4 及び a_5, c_5 は第1速から第2速にシフトアップする場合に適用される定数である。

次に、TCU16は常閉型ソレノイド弁47のデューティ率 D_{L4} を、ステップS20で設定した初期デューティ率 D_{04} に設定し、該デューティ率 D_{L4} でソレノイド弁47を開閉駆動する信号を出力し、解放側摩擦係合要素である第1速クラッチ33に初期デューティ率 D_{04} に対応する初期油圧の供給を開始し、第1速クラッチ33の図示しないピストンを、クラッチの滑りが発生する直前位置に向かって後退させる(ステップS21、第13図(b)の t_1 時点)。一方、常閉型ソレノイド弁48のデューティ率 D_{L4} を100%に設定し、該デューティ率 D_{L4} でソレノイド弁48を開閉駆動する信号を出力して結合側摩擦係合要素である第2速クラッチ34のピストンをクラッチの係合が開始される直前位置(ピストンガタ詰め位置)まで進める(第13図(c)の t_1 時点)と共に、タイマに初期

変化しているか否かを判別する。変化していなければ前記ステップ11に戻り、再びステップS11以下が繰返し実行される。一方、変化した場合には、ステップS14及びS15において判別したシフトパターンに応じたシフト信号を出力して(ステップS17)、前記ステップS11に戻る。

パワーオンアップシフト時油圧制御

第8図乃至第12図はパワーオンアップシフト場合の変速油圧制御手順を示すフローチャートであり、第1速から第2速にシフトアップされる場合の変速油圧制御手順を例に、第13図を参照しながら説明する。

TCU16は、第1速から第2速へのパワーオンアップシフトのシフト信号により、先ず、ソレノイド弁47及び48の初期デューティ率 D_{04} 及び D_{05} を次式(8)及び(9)により演算する(ステップS20)。

$$D_{04} = a_4 \cdot |T_t| + c_4 \quad \dots\dots(8)$$

$$D_{05} = a_5 \cdot |T_t| + c_5 \quad \dots\dots(9)$$

ここに、 T_t はデューティサイクル毎に前記第

圧供給時間 T_{s1} をセットする(ステップS22)。このタイマはTCU16に内蔵されるハードタイマでもよいし、プログラムの実行により上記初期圧供給時間 T_{s1} を計時する所謂ソフトタイマであってもよい。初期圧供給時間 T_{s1} は、この初期圧供給時間 T_{s1} に亘りデューティ率100%で結合側クラッチ34に作動油圧を供給すると、クラッチ34のピストンを係合開始直前の所定位置まで進めることができる所定値である。

TCU16は所定時間 t_0 の経過、即ち、1デューティサイクル(この実施例では28.6msec)の経過を待ち(ステップS23)、所定時間 t_0 が経過すると、前回のデューティサイクルで設定したデューティ率 D_{L4} に所定のデューティ率 $\Delta D1$ を加算して新たなデューティ率 D_{L4} とし、このデューティ率 D_{L4} でソレノイド弁47を開閉駆動する信号を出力する(ステップS24)。加算する所定デューティ率 $\Delta D1$ は、ソレノイド弁47のデューティ率 D_{L4} が所定の速度で増加する値(例えば、毎秒4%の割合で増加する値)に設定してあ

る(第13図(b)の t_1 時点から t_2 時点までのデューティ率 D_{L1} の変化参照)。そして、TCU16は前記ステップS22においてセットした初期圧供給時間 T_{s1} が経過したか否かを判別し(ステップS25)、だ経過していなければステップS23に戻り、ステップS23乃至ステップS25を繰り返して実行する。

ステップS25の判別結果が肯定の場合、即ち、初期圧供給時間 T_{s1} が経過して第2速クラッチ34に係合直前の所定位置まで前進したとき、TCU16は第9図のステップS27に進み、ソレノイド弁48のデューティ率 D_{s4} を一旦所定値 D_{s4min} に設定し、このデューティ率 D_{s4} でソレノイド弁48を開閉させる駆動信号を出力する(第13図(c)の t_2 時点)。所定値 D_{s4min} は第2の油圧制御弁46を介して第2速クラッチ34に供給される作動油圧が増加も減少もしない保持圧を与えるデューティ率である。そして、所定時間 t_0 の経過、即ち、1デューティサイクルの経過を待ち(ステップS28)、所定時間 t_0 が経過すると、前回の

デューティサイクルで設定したソレノイド弁47のデューティ率 D_{L1} に所定のデューティ率 $\Delta D1$ を加算して新たなデューティ率 D_{L1} とすると共に、ソレノイド弁48のデューティ率 D_{s4} に所定のデューティ率 $\Delta D2$ を加算して新たなデューティ率 D_{s4} とし、これらのデューティ率 D_{L1} 及び D_{s4} で各ソレノイド弁47、48を開閉駆動する信号を出力する(ステップS30)。加算する所定デューティ率 $\Delta D2$ はソレノイド弁48のデューティ率 D_{s4} が所定の速度で増加する値(例えば、毎秒15%の割合で増加する値)に設定してある(第13図(c)の t_2 時点から t_3 時点までのデューティ率 D_{s4} の変化参照)。

次に、ステップS32に進み、TCU16は、実スリップ回転数 N_{ss} を次式(00)により演算し、これを所定判別値 ΔN_{ss1} (例えば、10rpm)と比較する。

$$N_{ss} = N_t - N_{tcl} \quad \dots\dots 00$$

ここに、 N_{tcl} は1速時演算タービン回転数であり、 N_0 センサ17により検出されるトランス

ファドライブギア回転数 N_0 に所定数を乗算した積値として求められる。

実スリップ回転数 N_{ss} を所定判別値 ΔN_{ss1} と比較して実スリップ回転数 N_{ss} が所定判別値 ΔN_{ss1} より小さいとき($N_{ss} < \Delta N_{ss1}$)、TCU16はステップS28に戻り、ステップS28乃至ステップS32を繰り返して実行する。これにより、解放側の第1速クラッチ33は徐々に係合を解いて解放される一方、結合側の第2速クラッチ34は係合が開始される直前の所定位置から徐々に係合側に移動されるが未だ係合が開始されない。このような状態ではタービン回転数 N_t は、解放側の第1速クラッチ33が解放されるに従って徐々に回転数を上昇させる(第13図(a)の制御区間Aの後半部分)。即ち、制御区間A(シフト信号出力時点 t_1 から実スリップ回転数 N_{ss} が所定判別値 ΔN_{ss1} 以上になったことが検出される時点 t_3 までの制御区間)では第2速クラッチ34の摩擦トルクが発生する前に第1速クラッチ33の係合を徐々に解放させることにより、実スリップ回転

数 N_{ss} を後述する所定目標スリップ回転数 N_{ss0} に向けて一旦上昇させる。そして、実スリップ回転数 N_{ss} が所定判別値 ΔN_{ss1} 以上になったことが検出されると($N_{ss} \geq \Delta N_{ss1}$)、第10図に示すステップS34に進む。

ステップS34では、結合側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{s4} を前記ステップS20において演算した初期デューティ率 D_{s4} に設定し、該デューティ率 D_{s4} でソレノイド弁48を開閉駆動する信号を出力すると共に、前回デューティサイクルで設定した解放側ソレノイド弁47のデューティ率 D_{L1} から所定のデューティ率 $\Delta D4$ (例えば、2~6%)を減算して新たなデューティ率 D_{L1} とし、このデューティ率 D_{L1} を初期値とし、実スリップ回転数 N_{ss} を前記所定目標スリップ回転数 N_{ss0} にフィードバック制御する油圧制御を開始する(ステップS35)。即ち、TCU16は、続くステップS36で1デューティサイクルの経過を待った後、1デューティサイクル毎に解放側ソレノイド弁47のデューティ率 D_{L1} を以下のように設定

し、設定したデューティ率 D_{Lk} で解放側ソレノイド弁47を開閉する駆動信号を出力する(ステップS38)。

$$(D_{Lk})_n = (Di)_n + K_{Pi} \cdot e_n + K_{Di}(e_n - e_{n-1}) \dots \dots (10)$$

ここに、 e_n は今回デューティサイクルの目標スリップ回転数 N_{so} と実スリップ回転数 N_{sk} の偏差($e_n = N_{so} - N_{sk}$)、 e_{n-1} は前回デューティサイクルの目標スリップ回転数 N_{so} と実スリップ回転数 N_{sk} の偏差である。 K_{Pi} 、 K_{Di} は比例ゲイン、微分ゲインであり、夫々所定の値に設定されている。 $(Di)_n$ は積分項であり、次式(11a)で演算される。

$$(Di)_n = (Di)_{n-1} + K_{Ii} \cdot e_n + D_{ni} \dots \dots (11a)$$

$(Di)_{n-1}$ は前回デューティサイクルにおいて設定した積分項であり、 K_{Ii} は積分ゲインであり、所定の値に設定されている。

D_{ni} は、変速中のアクセルワーク等によりエンジントルク T_e が変化した場合のタービン軸トルクの変化量 ΔT_t に応じて設定されるタービン軸トルクの補正值であり、先ず、タービン軸トルク

く、しかも安定した制御が可能になる。

次いで、TCU16は実スリップ回転数 N_{sk} が負の所定スリップ回転数 ΔN_{s1} (例えば $-3 \sim -7$ rpm)以下であるか否かを判別する(ステップS40)。この判別結果が否定であればTCU16は前記ステップS36に戻り、実スリップ回転数 N_{sk} が負の所定スリップ回転数 ΔN_{s1} 以下になるまでステップS36乃至ステップS40を繰り返し実行する。これにより、解放側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{Lk} は、上述のように実スリップ回転数 N_{sk} と目標スリップ回転数 N_{so} との差が小さくなるように、即ち、実スリップ回転数 N_{sk} が目標スリップ回転数 N_{so} になるようにフィードバック制御されるのに対し、結合側のソレノイド弁48のデューティ率 D_{Uk} は初期デューティ率 D_{U2} に一定に保たれる。この結果、ソレノイド弁48の初期デューティ率 D_{U2} に対応する作動油圧が第2の油圧制御弁46を介して第2速クラッチ34に供給され、クラッチ34の図示しないピストンは次第に係合側に移動してクラッチ34は係合を開始す

る。クラッチ34の係合開始によりタービン回転数 N_t は下降しようとするが、エンジン10がパワーオン状態にあるので、解放側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{Lk} をより大きい値に設定することによりタービン回転数 N_t の下降が防止される。しかしながら、係合側クラッチ34の係合が進んで、解放側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{Lk} をより大きい値に設定するにも拘わらず、係合側クラッチ34の係合力がこれを上回るとタービン回転数 N_t は下降を始め、第13図(a)に示すt4時点に至って実スリップ回転数 N_{sk} が負の所定スリップ回転数 ΔN_{s1} 以下になる。実スリップ回転数 N_{sk} が負の所定スリップ回転数 ΔN_{s1} 以下になったことを検出すると(ステップS40の判別結果が肯定)、第11図に示すステップS42に進む。斯くして、第13図に示す制御区間B(t3時点からt4時点間の制御区間)における油圧制御が終了する。

$$D_{ni} = a_6 \cdot \Delta T_t \dots \dots (12)$$

ここに、 ΔT_t は、当該パワーオン域では、

$$\Delta T_t = (Tt)_n - (Tt)_{n-1} \dots \dots (13)$$

で演算されるが、後述するパワーオフ域では、

$$\Delta T_t = -(Tt)_n + (Tt)_{n-1} \dots \dots (14)$$

で演算され、 $(Tt)_n$ 及び $(Tt)_{n-1}$ は夫々前記第4図のステップS13で設定される、今回時及び前回のデューティサイクルにおけるタービン軸トルクである。又、 a_6 はシフトパターンに応じて予め設定されている定数である。このように、積分項 $(Di)_n$ には、式(11a)及び(12)から分かるように、タービン軸トルクの変化量 ΔT_t で求められるデューティ率補正値 D_{ni} が含まれるので、デューティ率 D_{Lk} をタービン軸トルクの変化に対して遅れなく補正でき、フィードバック制御時の上述の積分ゲイン、比例ゲイン、及び微分ゲインを大きい値に設定する必要がなくなり、追随性がよ

る。クラッチ34の係合開始によりタービン回転数 N_t は下降しようとするが、エンジン10がパワーオン状態にあるので、解放側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{Lk} をより大きい値に設定することによりタービン回転数 N_t の下降が防止される。しかしながら、係合側クラッチ34の係合が進んで、解放側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{Lk} をより大きい値に設定するにも拘わらず、係合側クラッチ34の係合力がこれを上回るとタービン回転数 N_t は下降を始め、第13図(a)に示すt4時点に至って実スリップ回転数 N_{sk} が負の所定スリップ回転数 ΔN_{s1} 以下になる。実スリップ回転数 N_{sk} が負の所定スリップ回転数 ΔN_{s1} 以下になったことを検出すると(ステップS40の判別結果が肯定)、第11図に示すステップS42に進む。斯くして、第13図に示す制御区間B(t3時点からt4時点間の制御区間)における油圧制御が終了する。

なお、制御区間Bにおいて、実スリップ回転数 N_{sk} が負の所定スリップ回転数 ΔN_{s1} 以下になっ

たことが検出されると第11図のステップS42が実行されるが、制御区間Aにおいて、何らかの外乱により実スリップ回転数 N_{sl} が負の所定スリップ回転数 ΔN_{sl} 以下になったことが、例えば連続するデューティサイクルにおいて2回検出された場合、制御区間Bの油圧制御を省略して直に第11図のステップS42に進み、制御領域Cの油圧制御を開始するようにしてもよい。

制御区間C及びこれに続く制御区間D、Eでの油圧制御は、結合側のソレノイド弁48のデューティ率 D_{z4} を、タービン回転変化率 ω_t と所定の目標タービン回転変化率 ω_{to} との差が最小となる値にフィードバック制御し、タービン回転数 N_t を第2速時演算タービン回転数 N_{tc2} に向かって漸減させるものである。TCU16は先ず解放側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{L4} を所定デューティ率 D_{L4max} に設定し、設定したデューティ率 D_{L4} でソレノイド弁47を開閉する駆動信号を出力する(ステップS42)。この所定デューティ率 D_{L4max} は第1の油圧制御弁44を介して

の絶対値より大きな値に設定してタービン回転数 N_t の下降速度を早め、第2速クラッチ34の係合が完了する制御区間Eでは、再び変化率の絶対値を小さい値に設定して変速ショックの防止を図っている(第13図(a)のタービン回転数 N_t の時間変化参照)。

次いで、TCU16は結合側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{z4} を、実スリップ回転数 N_{sl} が負の所定スリップ回転数 ΔN_{sl} 以下になったことが検出された時点 t_4 におけるデューティ率を初期値として次式(6)により演算設定し、設定したデューティ率 D_{z4} でソレノイド弁48を開閉する駆動信号を出力する(ステップS46)。

$$(D_{z4})_n = (D_i)_n + K_{Fz} \cdot E_n + K_{Dz} (E_n - E_{n-1}) \dots (6)$$

ここに、 E_n は、ステップS44で設定された今回デューティサイクルの目標タービン回転変化率 ω_{to} と実タービン回転変化率 ω_t との偏差($E_n = \omega_{to} - \omega_t$)であり、実タービン回転変化率 ω_t は今回及び前回のデューティサイクルにおける実タービン回転数 $(N_t)_n$ と $(N_t)_{n-1}$ から次式(7)によ

第1速クラッチ33に供給される作動油圧を一定圧(保持圧)に保ち、第1速クラッチ33のピストン位置を第13図(b)に示す t_4 時点での位置に保持することが出来る値に設定してある。尚、解放側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{L4} は、以後変速が実質的に完了するまで(第13図(b)に示す t_4 時点から t_8 時点まで)第1速クラッチ33に前記保持圧を与える所定デューティ率 D_{L4max} に保持される。

次に、TCU16は所定時間 t_0 の経過を待ち(ステップS43)、ステップS44に進む。ステップS44では前記目標タービン回転変化率 ω_{to} を次式(8)により設定する。

$$\omega_{to} = a7 \cdot N_o + b7 \dots (8)$$

ここに、 $a7, b7$ は制御区間C～Eに応じて所定値(負の値)に設定され、 $a7, b7$ 値は、式(8)により設定される目標タービン回転変化率 ω_{to} を、フィードバック制御が開始されて間もない制御区間Cではタービン回転数 N_t が漸減する値に、制御区間Cに続く制御区間Dでは制御区間Cの変化率

り求められる。

$$(\omega_t)_n = (N_t)_n - (N_t)_{n-1} \dots (9)$$

また、 E_{n-1} は前回デューティサイクルの目標タービン回転変化率 ω_{to} と実タービン回転変化率 ω_t との偏差である。 K_{Fz} 、 K_{Dz} は比例ゲイン、及び微分ゲインであり、夫々所定の値に設定されている。 $(D_i)_n$ は積分項であり、次式(10)で演算される。

$$(D_i)_n = (D_i)_{n-1} + K_{Iz} \cdot E_n + D_{n1} + D_{n2} \dots (10)$$

$(D_i)_{n-1}$ は前回デューティサイクルにおいて設定した積分項であり、 K_{Iz} は積分ゲインであり、所定の値に設定されている。

D_{n1} は、変速中のアクセルワーク等によりエンジントルク T_e が変化した場合のタービン軸トルクの変化量 ΔT_t に応じて設定されるタービン軸トルクの補正值であり、前記式(10)～(14)と同じ演算式から求められる。

D_{n2} は、制御区間がCからDに、DからEに変化した時点においてのみ適用される、目標タービン回転変化率変更時の補正デューティ率であり、

次式(9)及び(10)から求められる。

$$D_{n2} = \alpha \cdot \Delta \omega_{to} \quad \dots \dots (9)$$

$$\Delta \omega_{to} = (\omega_{to})_n - (\omega_{to})_{n-1} \quad \dots \dots (10)$$

ここに、 $(\omega_{to})_n$ は今回デューティサイクル以降に適用すべき目標タービン回転変化率であり、 $(\omega_{to})_{n-1}$ は前回まで適用していた目標タービン回転変化率である。 α はシフトパターンに応じて設定される定数である。

このように、デューティサイクル毎に演算されるデューティ率 D_{24} の積分項 $(Di)_n$ も、前述した制御区間Bにおいて演算された解放側ソレノイド弁47のデューティ率 D_{L2} と同様に、デューティ率補正量 D_{n1} による補正、即ち、タービン軸トルクの変化量 ΔT_t で補正され、更に、制御区間変更時には目標タービン回転変化率の変化量 $\Delta \omega_{to}$ に応じて補正されるので、デューティ率 D_{24} をタービン軸トルクの変化に対し、又、目標タービン回転変化率の変化に対して遅れなく補正でき、フィードバック制御時の上述の積分ゲイン、比例ゲイン、及び微分ゲインを大きい値に設定する必要

前記ステップS44での目標タービン回転変化率 ω_{to} の絶対値をより大きい値に変更する(第13図(a)のt5時点)。

目標タービン回転変化率 ω_{to} の絶対値をより大きい値に変更すると、結合側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{24} は制御区間Cにおいて設定される値より大きい値に設定され(第13図(c)のt5時点からt6時点間)、タービン回転数 N_t は略目標タービン回転変化率 ω_{to} で急激に減少することになる。目標タービン回転変化率 ω_{to} の絶対値をより大きい値に設定できればするほど、変速応答性が改善されることになる。

次いで、タービン回転数 N_t が更に減速してトランスファドライバギア回転数 N_o に所定係数を乗算した回転数(例えば、 $2.2 \times N_o$)に至ったとき、即ち、第2速クラッチ34のピストンが次第に係合完了位置近傍に移動したとき、制御区間Dを離脱して制御区間Eに突入したと判断し、前記ステップS44で設定される目標タービン回転変化率 ω_{to} の絶対値を制御区間Dにおいて設定さ

がなくなり、追従性がよく、しかもハンチングのない安定した制御が可能になる。

T C U 16はステップS46でのデューティ率 D_{24} の演算及び駆動信号の出力の後、ステップS48に進み、タービン回転数 N_t が2速時演算タービン回転数 N_{tc2} の所定直上回転数(2速時演算タービン回転数 N_{tc2} より ΔN_{tc2} (例えば、80~120rpm)だけ高い回転数 N_{tc20} に至ったか否かを判別する。そして、この判別結果が否定の場合には前記ステップS43に戻り、ステップS43乃至ステップS48を繰り返して実行する。

制御区間Cに突入したばかりの時点では、結合側クラッチ34は係合を開始したばかりであり、上述した目標タービン回転変化率 ω_{to} でタービン回転数 N_t を減少させることにより、係合開始時の変速ショックが回避される。そして、T C U 16はタービン回転数 N_t が減速してトランスファドライバギア回転数 N_o に所定係数を乗算した回転数(例えば、 $2.8 \times N_o$)に至ったとき、制御区間Cを離脱して制御区間Dに突入したと判断し、

れる値より小さい値に変更する(第13図(a)のt6時点)。目標タービン回転変化率 ω_{to} の絶対値をより小さい値に変更すると、結合側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{24} は制御区間Dにおいて設定される値より小さい値に設定され(第13図(c)のt6時点からt7時点間)、タービン回転数 N_t は略目標タービン回転変化率 ω_{to} で緩慢に減少することになり、解放側のクラッチ33の係合が完全に解除され、これにより結合側のクラッチ34の係合が完了する時点近傍での変速ショックが回避されることになる。

前記ステップS48の判別結果が肯定の場合、即ち、タービン回転数 N_t が2速時演算タービン回転数 N_{tc2} の所定直上回転数 N_{tc20} に至ると(第13図(c)のt7時点)、T C U 16は前記タイマに所定時間 T_{sr} (例えば、0.5sec)をセットし(ステップS50)、所定時間 T_{sr} の経過を待つ(ステップS51)。所定時間 T_{sr} の経過を待つことにより確実に結合側クラッチ34の係合を完了させることが出来る。

前記所定時間 T_{s2} が経過してステップS51の判別結果が肯定になると、TCU16は解放側ソレノイド弁47及び結合側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{L8} 、 D_{L4} をいずれも100%に設定し、該デューティ率 D_{L8} 、 D_{L4} でソレノイド弁47、48を開閉する駆動信号を出力する(第13図(b)及び(c)の t_8 時点)。斯くして、第1速段から第2速段へのパワーオンアップシフトの変速油圧制御が完了する。

パワーオンダウンシフト時油圧制御

第14図乃至第16図はパワーオンダウンシフトの場合の変速油圧制御手順を示すフローチャートであり、第2速から第1速にシフトダウンされる場合の変速油圧制御手順を例に、第17図を参照しながら説明する。

TCU16は、第2速から第1速へのパワーオンダウンシフトのシフト信号により、先ず、ソレノイド弁47及び48の初期デューティ率 D_{A1} 及び D_{A2} を前記式(8)及び(9)と同様の次式(21)及び(22)により演算する(ステップS60)。

$$D_{A1} = a8 \cdot |T_t| + c8 \quad \dots\dots(21)$$

$$D_{A2} = a9 \cdot |T_t| + c9 \quad \dots\dots(22)$$

ここに、 $a8$ 、 $c8$ 及び $a9$ 、 $c9$ は第2速から第1速にシフトダウンする場合に適用される定数である。

次に、TCU16は解放側のソレノイド弁48のデューティ率 D_{L4} をステップS60で設定した初期デューティ率 D_{A1} に設定し、該デューティ率 D_{L4} でソレノイド弁48を開閉駆動する信号を出力し、解放側摩擦係合要素である第2速クラッチ34に初期デューティ率 D_{A1} に対応する初期油圧の供給を開始し、第2速クラッチ34の図示しないピストンを、クラッチの滑りが発生する直前位置に向かって後退させる(ステップS62、第17図(b)の t_{10} 時点)。一方、結合側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{L8} を0%に設定し、該デューティ率 D_{L8} でソレノイド弁47を開閉駆動する信号を出力して、即ち、常開型ソレノイド弁47を全開にして結合側摩擦係合要素である第1速クラッチ33のピストンをクラッチの係合が開始さ

れる直前位置(ピストンガタ詰め位置)に向けて移動させる(第17図(c)の t_{10} 時点)と共に、タイマに初期圧供給時間 T_{s2} をセットする(ステップS64)。この初期圧供給時間 T_{s2} に亘り、デューティ率0%で常開型ソレノイド弁47を駆動して結合側クラッチ33に作動油圧を供給すると、クラッチ33のピストンを係合開始直前の所定位置まで進めることが出来る。

TCU16はステップS64でセットした初期圧供給時間 T_{s2} が経過したか否かを判別し(ステップS66)、未だ経過していなければこの初期圧供給時間 T_{s2} が経過するまで繰り返しステップS66を実行して待機する。

ステップS66の判別結果が肯定の場合、即ち、初期圧供給時間 T_{s2} が経過して第1速クラッチ33が係合直前の所定位置まで前進したとき、TCU16は第15図のステップS68に進み、結合側ソレノイド弁47のデューティ率 D_{L8} を前記保持圧を与える所定値 D_{L8max} に設定し、このデューティ率 D_{L8} でソレノイド弁47を開閉させる駆動

信号を出力する(第17図(c)の t_{11} 時点)。尚、結合側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{L8} は、以後タービン回転数 N_t が1速時演算タービン回転数 N_{tc1} に達するまで(第17図(a)に示す t_{11} 時点から t_{15} 時点まで)、第1速クラッチ33に前記保持圧を与える所定デューティ率 D_{L8max} に保持される。

一方、解放側のクラッチ34のピストンが係合を徐々に解放する側に移動し、クラッチ34の摩擦トルクが軽減されるためにタービン回転数 N_t は次第に上昇を開始する。そして、TCU16はタービン回転数 N_t が第1の所定判別値(例えば、 $1.5 \times N_o$)を超えて上昇したか否かを判別し(ステップS70)、回転数 $1.5 \times N_o$ を超えていなければ、超えるまでステップS70の判別を繰り返して待機する。

タービン回転数 N_t が回転数 $1.5 \times N_o$ を超えると(第17図(a)の t_{12} 時点)、第17図に示す制御区間Aの変速油圧制御が終了して制御区間Bに突入したことになり、TCU16は、続くステ

ップS71で1デューティサイクルの経過を待った後、フィードバック制御によりタービン回転変化率 ω_t を調整しながらタービン回転数 N_t を1速時演算タービン回転数 N_{tcl} に向けて上昇させる油圧制御を開始する。即ち、制御区間B及びこれに続く制御区間C、Dでの油圧制御は、解放側のソレノイド弁48のデューティ率 D_{s4} を、タービン回転変化率 ω_t と所定の目標タービン回転変化率 ω_{to} との差が最小となる値にフィードバック制御し、タービン回転数 N_t を第1速時演算タービン回転数 N_{tcl} に向かって漸増させるものである。

T C U 1 6 は、先ずステップS72において、前記目標タービン回転変化率 ω_{to} を次式(23)により設定する。

$$\omega_{to} = a_{10} \cdot N_o + b_{10} \quad \dots (23)$$

ここに、 a_{10} 、 b_{10} は制御区間B～Dに応じて所定値(正の値)に設定され、 a_{10} 、 b_{10} 値は、式(23)により設定される目標タービン回転変化率 ω_{to} を、フィードバック制御が開始されて間もな

T C U 1 6 はステップS74におけるデューティ率 D_{s4} の演算及び駆動信号の出力の後、ステップS76に進み、タービン回転数 N_t が1速時演算タービン回転数 N_{tcl} に至ったか否かを判別する。そして、この判別結果が否定の場合には前記ステップS71に戻り、ステップS71乃至ステップS76を繰り返し実行する。

制御区間Bに突入したばかりの時点では、解放側クラッチ34は係合解除を開始したばかりであり、上述した目標タービン回転変化率 ω_{to} でタービン回転数 N_t を上昇させることにより、タービン回転数 N_t の吹上がり回避される。そして、T C U 1 6 はタービン回転数 N_t が上昇してトランスファドライブギア回転数 N_o に所定係数を乗算した回転数(例えば、 $1.7 \times N_o$)に至ったとき、制御区間Bを離脱して制御区間Cに突入したと判断し、前記ステップS72において目標タービン回転変化率 ω_{to} をより大きい値に変更する(第17図(a)のt13時点)。

目標タービン回転変化率 ω_{to} をより大きい値に

い制御区間Bではタービン回転数 N_t が漸増する値に、制御区間Bに続く制御区間Cでは制御区間Bの変化率より大きな値に設定してタービン回転数 N_t の上昇速度を早め、タービン回転数 N_t が1速時演算タービン回転数 N_{tcl} に接近する制御区間Dでは、再び小さい変化率に設定してタービン回転数 N_t の吹上りを防止しするような値に設定されている(第17図(a)のタービン回転数 N_t の時間変化参照)。

次いで、T C U 1 6 は解放側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{s4} を、タービン回転数 N_t が回転数 $1.5 \times N_o$ を超えたt12時点におけるデューティ率を初期値として前記式(20)及び(21)と同一の演算式により演算設定し、設定したデューティ率 D_{s4} でソレノイド弁48を開閉する駆動信号を出力する(ステップS74)。尚、前記式(20)及び(21)における積分ゲイン K_{i2} 、比例ゲイン K_{p2} 、及び微分ゲイン K_{d2} は、夫々パワーオンダンシフトにおけるシフトパターンに最適な所定の値に設定されている。

変更すると、解放側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{s4} は制御区間Bにおいて設定される値より小さい値に設定され(第17図(b)のt13時点からt14時点間)、タービン回転数 N_t は略目標タービン回転変化率 ω_{to} で急激に上昇することになる。目標タービン回転変化率 ω_{to} をより大きい値に設定ればするほど、変速応答性が改善されることになる。

次いで、タービン回転数 N_t が更に上昇してトランスファドライブギア回転数 N_o に所定係数を乗算した回転数(例えば、 $2.4 \times N_o$)に至ったとき、即ち、第2速クラッチの係合が次第に解除されタービン回転数 N_t が1速時演算タービン回転数 N_{tcl} に近づいたとき、制御区間Cを離脱して制御区間Dに突入したと判断し、前記ステップS72において設定される目標タービン回転変化率 ω_{to} を制御区間Cにおいて設定される値より小さい値に変更する(第17図(a)のt14時点)。目標タービン回転変化率 ω_{to} をより小さい値に変更すると、解放側ソレノイド弁48のデューティ率

D_{24} は制御区間Cにおいて設定される値より大きい値に設定され(第17図(b)の $t14$ 時点から $t15$ 時点間)、タービン回転数 N_t は略目標タービン回転変化率 ω_{to} で緩慢に上昇することになり、タービン回転数 N_t が1速時演算タービン回転数 N_{tcl} を超えて大きくオーバーシュートすることが回避されることになる。

ステップS76の判別結果が肯定となり、タービン回転数 N_t が1速時演算タービン回転数 N_{tcl} に至ったことが検出されると(第17図(a)の $t15$ 時点)、制御区間Dの油圧制御を終えて制御区間Eの油圧制御を開始する。この制御区間Eでの油圧制御は実スリップ回転数 N_{sn} と目標スリップ回転数 N_{so} (例えば、20rpm)の偏差を最小にするように解放側のソレノイド弁48のデューティ率 D_{24} をフィードバック制御し、この間に結合側の第1速クラッチ33の係合を次第に強めるように制御するものである。即ち、TCU16はステップS78において、結合側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{18} を前記ステップS60で設定した

前記デューティ率 D_{18max} より小さい初期デューティ率 D_{24} に設定し、該デューティ率 D_{24} でソレノイド弁47を開閉する駆動信号を出力する(第17図(c)の $t15$ 時点)。これにより、結合側の第1速クラッチ33のピストンは徐々に係合側に移動し始める。

次いで、TCU16は、ステップS79において、所定時間 t_0 の経過を待った後、1デューティサイクル毎に解放側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{24} を前記式(11)及び(11a)に類似の次式(24)及び(24a)により演算し、このデューティ率 D_{24} でソレノイド弁48を開閉する駆動信号を出力する(ステップS80)。

$$(D_{24})_n = (D_{24})_{n-1} + K_{F1} \cdot e_n + K_{D1}(e_n - e_{n-1}) \dots (24)$$

$$(D_{24})_n = (D_{24})_{n-1} + K_{I1} \cdot e_n + D_{N1} \dots (24a)$$

ここに、 $(D_{24})_{n-1}$ は前回デューティサイクルにおいて設定した積分項であり、初期値としてタービン回転数 N_t が1速時演算タービン回転数 N_{tcl} を超えたことを検出した $t15$ 時点の直前に設定されたデューティ率が用いられる。 K_{I1} 、 K_{F1} 、 K_{D1} は

積分ゲイン、比例ゲイン、微分ゲインであり、夫々当該パワーオンダウンスフトに最適な所定の値に設定されている。 e_n は、今回デューティサイクルの目標スリップ回転数 N_{so} と実スリップ回転数 N_{sn} の偏差($e_n = N_{so} - N_{sn}$)、 e_{n-1} は前回デューティサイクルの目標スリップ回転数 N_{so} と実スリップ回転数 N_{sn} の偏差である。

D_{N1} は、変速中のアクセルワーク等によりエンジントルク T_e が変化した場合のタービン軸トルクの変化量 ΔT_t に応じて設定されるタービン軸トルクの補正值であり、この値は前述した演算式02~04により演算する。

次いで、TCU16は、ステップS82~85において、実スリップ回転数 N_{sn} の絶対値が所定スリップ回転数(例えば、5rpm)より小さい状態が連続して2デューティサイクルに亘って検出されたか否かを判別する。即ち、ステップS82では実スリップ回転数 N_{sn} の絶対値が所定スリップ回転数(5rpm)より小さいか否かを判別し、この判別結果が否定である限り、TCU16はフラグ

FLG値を0にリセットして(ステップS83)、前記ステップS79に戻り、ステップS79乃至ステップS82を繰り返して実行する。結合側のクラッチ33の摩擦トルクが小さく、この摩擦トルクの増加量に対して、フィードバック制御によりクラッチ34の摩擦トルクの減少量(開放量)を大きくして、パワーオン状態にあるエンジン10によりタービン回転数 N_t を引き上げようとするトルクが勝っている間はタービン回転数 N_t を1速時演算タービン回転数 N_{tcl} より目標スリップ回転数 N_{so} だけ高い回転数に保持することができるが、クラッチ33の摩擦トルクが大きくなるとタービン回転数 N_t は次第に下降しステップS82の判別結果が肯定となり、ステップS84が実行される。

ステップS84ではフラグFLG値が値1に等しいか否かを判別する。タービン回転数 N_t が下降してステップS82において初めて肯定と判別された場合にはステップS84での判別結果は否定となり、斯かる場合にはステップS85におい

てフラグFLG値に値1をセットして前記ステップS79に戻り、ステップS79及びステップS80を実行する。そして、ステップS82において再び実スリップ回転数 N_{sl} の絶対値が所定スリップ回転数(5rpm)より小さいことを判別すると、即ち、連続して2回実スリップ回転数 N_{sl} の絶対値が所定スリップ回転数より小さいことを検出すると(第17図(a)のt16時点)、ステップS84の判別結果は肯定になり、制御区域Eでの油圧制御が終わりステップS87が実行されることになる。

TCU16は、ステップS87において結合側及び解放側のソレノイド弁47及び48のデューティ率 D_{L1} 及び D_{L2} をいずれも0%に設定して、TCU16はソレノイド弁47及び48にはいずれも駆動信号を出力しない。斯くして、第2速クラッチ34の解放及び第1速クラッチ33の結合を終え、第2速段から第1速段へのパワーオンダウンシフトの変速油圧制御が完了する。

パワーオフアップシフト時油圧制御

第18図乃至第20図はパワーオフアップシフ

てもタービン回転数 N_t が吹上がる心配がなく、寧ろ逸早くクラッチ33を解放しないと変速ショックが発生する虞がある。一方、結合側のソレノイド弁48のデューティ率 D_{L2} を100%に設定し、該デューティ率 D_{L2} でソレノイド弁48を開閉駆動する信号を、即ち、ソレノイド弁48を全開にする駆動信号を出力して結合側摩擦係合要素である第2速クラッチ34のピストンをクラッチの係合が開始される直前位置(ピストンガタ詰め位置)に向かって進める(第21図(c)のt21時点)と共に、タイマに前記初期圧供給時間 T_{s1} をセットする(ステップS93)。

そして、TCU16はステップS93でセットした初期圧供給時間 T_{s1} が経過したか否かを判別し(ステップS95)、未だ経過していなければこの初期圧供給時間 T_{s1} が経過するまでステップS95を繰返し実行する。

ステップS95の判別結果が肯定の場合、即ち、初期圧供給時間 T_{s1} が経過して第2速クラッチ34が係合直前の所定位置まで前進したとき、TCU

の場合の変速油圧制御手順を示すフローチャートであり、第1速から第2速にシフトアップされる場合の変速油圧制御手順を例に、第21図を参照しながら説明する。

TCU16は、第1速から第2速へのパワーオフアップシフトのシフト信号により、先ず、結合側のソレノイド弁48の初期デューティ率 D_{L2} を前記式(9)と同じ演算式により演算する(ステップS90)。

次に、TCU16は解放側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{L1} を前記保持圧を与える所定デューティ率 D_{L1max} に設定し、このデューティ率 D_{L1} でソレノイド弁47を開閉駆動する信号を出力し、解放側摩擦係合要素である第1速クラッチ33の図示しないピストンを、クラッチが完全に滑り、しかも係合を直に再開させることが出来る待機位置に向かって後退させる(ステップS92、第21図(b)のt21時点)。即ち、エンジン10がパワーオフ運転状態にある場合には解放側のクラッチ33をシフト信号の出力後、直に係合解除し

16はステップS96に進み、結合側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{L2} を前記ステップS90において演算した初期デューティ率 D_{L2} に設定し、該デューティ率 D_{L2} でソレノイド弁48を開閉する開弁駆動信号を出力する(第21図(c)のt22時点)。そして、所定時間 t_0 の経過、即ち、1デューティサイクルの経過を待ち(ステップS98)、所定時間 t_0 が経過すると、前回のデューティサイクルで設定したソレノイド弁48のデューティ率 D_{L2} に所定のデューティ率 $\Delta D5$ を加算して新たなデューティ率 D_{L2} とし、この新たなデューティ率 D_{L2} でソレノイド弁48を開閉駆動する信号を出力する(ステップS99)。加算する所定デューティ率 $\Delta D5$ はソレノイド弁48のデューティ率 D_{L2} が所定の速度(例えば、デューティ率 D_{L2} が毎秒14~17%の割合で増加する速度)で増加するように設定してある(第21図(c)のt22時点からt23時点までのデューティ率 D_{L2} の変化参照)。

次に、ステップS100に進み、TCU16は、実スリップ回転数 N_{sl} を前記式(10)により演算してこ

れを負の所定判別値 ΔN_{sz} (例えば、 $-8 \sim -12$ rpm)と比較する。

実スリップ回転数 N_{ss} を所定判別値 ΔN_{sz} と比較して実スリップ回転数 N_{ss} が所定判別値 ΔN_{sz} より大きいとき($N_{ss} > \Delta N_{sz}$)、TCU16はステップS98に戻り、ステップS98乃至ステップS100を繰り返し実行して、ソレノイド48のデューティ率 D_{z4} を徐々に増加させる。これにより、結合側のクラッチ34は係合を開始し、クラッチ34の摩擦トルクが徐々に増加する。すると、タービン回転数 N_t は徐々に低下し、前記ステップS100の判別結果が肯定となり、TCU16は第19図に示すステップS102に進み、制御区間Aの油圧制御を終えて制御区間Bの油圧制御を開始する。

制御区間B及びこれに続く制御区間C、Dでの油圧制御は、結合側のソレノイド弁48のデューティ率 D_{z4} を、タービン回転変化率 ω_t と所定の目標タービン回転変化率 ω_{to} との差が最小となる値にフィードバック制御し、タービン回転数 N_t

負の所定スリップ回転数 ΔN_{sz} (例えば、 $-8 \sim -12$ rpm)以下になったことが検出された時点 t_{23} におけるデューティ率を初期値として前記演算式⑩及び⑪により演算設定し、設定したデューティ率 D_{z4} でソレノイド弁48を開閉する駆動信号を出力する(ステップS106)。尚、前記演算式⑩及び⑪に適用される積分ゲイン K_{Iz} 、比例ゲイン K_{Pz} 及び微分ゲイン K_{Dz} は夫々パワーオフアップシフトのシフトパターンに最適な所定の値に設定されている。

TCU16はステップS106におけるデューティ率 D_{z4} の演算及び駆動信号の出力の後、ステップS107に進み、タービン回転数 N_t が下降して2速時演算タービン回転数 N_{tc2} の所定直上回転数 N_{tc20} (2速時演算タービン回転数 N_{tc2} より ΔN_{tc2} (例えば、 $80 \sim 120$ rpm)だけ高い回転数)に至ったか否かを判別する。そして、この判別結果が否定の場合には前記ステップS102に戻り、ステップS102乃至ステップS107を繰り返し実行する。

を2速時演算タービン回転数 N_{tc2} に向かって漸減させるものである。

先ず、TCU16はステップS102において、1デューティサイクルの経過(所定時間 t_0 の経過)を待った後、前記目標タービン回転変化率 ω_{to} を制御区間B～Dに応じて予め記憶されている所定値に設定する。各制御区間B～Dに設定される目標タービン回転変化率 ω_{to} は、フィードバック制御が開始されて間もない制御区間Bではタービン回転数 N_t が漸減する値に、制御区間Bに続く制御区間Cでは制御区間Bの変化率の絶対値より大きな値に設定してタービン回転数 N_t の下降速度を早め、第2速クラッチ34の係合が略完了し、タービン回転数 N_t が2速時演算タービン回転数 N_{tc2} に近づく制御区間Eでは、再び変化率の絶対値を小さい値に設定して変速ショックの防止を図るようにしている(第21図(a)のタービン回転数 N_t の時間変化参照)。

次いで、TCU16は結合側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{z4} を、実スリップ回転数 N_{ss} が

制御区間Bに突入したばかりの時点では、結合側クラッチ34は係合を開始したばかりであり、上述した目標タービン回転変化率 ω_{to} でタービン回転数 N_t を減少させることにより、係合開始時の変速ショックが回避される。そして、TCU16はタービン回転数 N_t が減速してトランスファドライブギア回転数 N_o に所定係数を乗算した回転数(例えば、 $2.8 \times N_o$)に至ったとき、制御区間Bを離脱して制御区間Cに突入したと判断し、前記ステップS104において目標タービン回転変化率 ω_{to} の絶対値を制御区間Cに適用される値より大きい値に変更する(第21図(a)の t_{24} 時点)。

目標タービン回転変化率 ω_{to} の絶対値をより大きい値に変更すると、結合側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{z4} は制御区間Bにおいて設定される値より大きい値に設定され(第21図(c)の t_{24} 時点から t_{25} 時点間)、タービン回転数 N_t は、略この大きい値に設定された目標タービン回転変化率 ω_{to} で急激に減少することになる。尚、目標タービン回転変化率 ω_{to} の絶対値をより大きい値

に設定ればするほど、変速応答性が改善されることになる。

次いで、タービン回転数 N_t が更に減速してトランスファードライブギア回転数 N_o に所定係数を乗算した積値（例えば、 $2.2 \times N_o$ ）に至ったとき、即ち、第2速クラッチ34の係合が次第に完了位置近傍に移動したとき、制御区間Cを離脱して制御区間Dに突入したと判断し、前記ステップS104で設定される目標タービン回転変化率 ω_{to} の絶対値を制御区間Cにおいて設定される値より小さい値に変更する（第21図(a)のt25時点）。目標タービン回転変化率 ω_{to} の絶対値をより小さい値に変更すると、結合側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{sa} は制御区間Cにおいて設定される値より小さい値に設定され（第21図(c)のt25時点からt26時点間）、タービン回転数 N_t は略目標タービン回転変化率 ω_{to} で緩慢に減少することになり、結合側のクラッチ34の係合が完了点近傍におけるタービン回転数 N_t が2速時演算タービン回転数 N_{tc2} に円滑に移行し、変速ショックが

回避されることになる。

前記ステップS107の判別結果が肯定の場合、即ち、タービン回転数 N_t が2速時演算タービン回転数 N_{tc2} の所定直上回転数 N_{tc20} に至ると（第21図(c)のt26時点）、TCU16は前記タイマに所定時間 T_{sr} （例えば、0.5sec）をセットし（ステップS109）、この所定時間 T_{sr} の経過を待つ（ステップS110）。この所定時間 T_{sr} の経過を待つことにより確実に結合側クラッチ34の係合を完了させることが出来る。

前記所定時間 T_{sr} が経過してステップS110の判別結果が肯定になると、ステップS112に進みTCU16は解放側ソレノイド弁47及び結合側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{sa} 、 D_{sb} をいずれも100%に設定し、該デューティ率 D_{sa} 、 D_{sb} でソレノイド弁47、48を開閉する駆動信号を出力する（第21図(b)及び(c)のt27時点）。斯くして、第1速段から第2速段へのパワーオフアップシフトの変速油圧制御が完了する。

パワーオフダウンシフト時油圧制御

第22図乃至第24図はパワーオフダウンシフトの場合の変速油圧制御手順を示すフローチャートであり、第2速から第1速にシフトダウンされる場合の変速油圧制御手順を例に、第25図を参照しながら説明する。

TCU16は、第2速から第1速へのパワーオフダウンシフトのシフト信号により、先ず、ソレノイド弁47及び48の初期デューティ率 D_{sa} 及び D_{sb} を前記演算式(21)及び(22)により演算する（ステップS114）。尚、演算式(21)及び(22)において適用される $a8, c8$ 及び $a9, c9$ は第2速から第1速にパワーオフダウンシフトする場合に最適な所定値に設定してある。

次に、TCU16は解放側のソレノイド弁48のデューティ率 D_{sa} をステップS114で設定した初期デューティ率 D_{sa} に設定し、該デューティ率 D_{sa} でソレノイド弁48を開閉駆動する信号を出力し、解放側摩擦係合要素である第2速クラッチ34の図示しないピストンを、クラッチの滑りが発生する直前位置に向かって後退させる（ステップS115、

第25図(b)のt31時点）。一方、結合側のソレノイド弁47のデューティ率 D_{sb} を100%に設定し、該デューティ率 D_{sb} でソレノイド弁47を開閉駆動する信号を出力して結合側摩擦係合要素である第1速クラッチ33のピストンをクラッチの係合が開始される直前位置（ピストンガタ詰め位置）に向かって移動させる（第25図(c)のt31時点）と共に、タイマに前記初期圧供給時間 T_{s2} をセットする（ステップS116）。

TCU16は所定時間 t_s の経過、即ち、1デューティサイクル（28.6msec）の経過を待ち（ステップS118）、所定時間 t_s が経過すると、前回のデューティサイクルで設定したデューティ率 D_{sa} に所定のデューティ率 $\Delta D6$ を減算して新たなデューティ率 D_{sa} とし、このデューティ率 D_{sa} でソレノイド弁48を開閉駆動する信号を出力する（ステップS120）。減算する所定デューティ率 $\Delta D6$ はソレノイド弁48のデューティ率 D_{sa} が所定の速度で減少する値（例えば、毎秒8～12%の割合で減少する値）に設定してある（第25図(b)の

t_{31} 時点から t_{33} 時点までのデューティ率 D_{24} の変化参照)。そして、TCU16は前記ステップS116においてセットした初期圧供給時間 T_{s2} が経過したか否かを判別し(ステップS122)、未だ経過していなければステップS118に戻り、ステップS118乃至ステップS122を繰り返して実行する。これにより、ソレノイド48のデューティ率 D_{24} は徐々に減少して解放側のクラッチ34は係合解除開始位置に向かって徐々に移動する。

ステップS122の判別結果が肯定の場合、即ち、初期圧供給時間 T_{s2} が経過して第1速クラッチ33が係合開始直前の所定位置まで前進したとき、TCU16は第23のステップS124に進み、ソレノイド弁47のデューティ率 D_{L2} をステップS114において演算した初期デューティ率 D_{L1} に設定し、このデューティ率 D_{L2} でソレノイド弁47を開閉させる駆動信号を出力する(第25図(c)の t_{32} 時点)。これにより、結合側のクラッチ33のピストンは徐々に係合開始位置に向けて移動し続ける。尚、ソレノイド弁47デューティ率 D_{L2}

第2速クラッチ34は徐々に係合を解いて解放される。このとき結合側の第1速クラッチ33の係合が未だ開始されてないと、タービン回転数 N_t は徐々に回転数を下降させる(第25図(a)の制御区間A(シフト信号出力時点 t_{31} から実スリップ回転数 N_{sl} が所定判別値 ΔN_{sl} 以下になったことが検出される時点 t_{33} までの制御区間)の後半部分)。そして、実スリップ回転数 N_{sl} が所定判別値 ΔN_{sl} 以下になったことが検出されると($N_{sl} \leq \Delta N_{sl}$)、ステップS130に進む。

ステップS130では、TCU16は、前回デューティサイクルで設定した解放側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{24} に所定のデューティ率 $\Delta D7$ (例えば、2~6%)を加算して一旦デューティ率 $\Delta D7$ だけ大きいデューティ率 D_{24} を設定し、このデューティ率 D_{24} を初期値とし、実スリップ回転数 N_{sl} と所定目標スリップ回転数 N_{s1} (例えば、-20rpm)の偏差 $e_n (= N_{s1} - N_{sl})$ を最小にするフィードバック制御を開始する。即ち、結合側クラッチ33の係合が未だ開始されていない

は後述する制御区間Cに突入するまで(第25図(c)の t_{34} 時点)、前記初期デューティ率 D_{L1} に保持される。

次いで、TCU16は所定時間 t_0 の経過、即ち、1デューティサイクルの経過を待ち(ステップS125)、所定時間 t_0 が経過すると、前記ステップS120と同じようにして、新たなデューティ率 D_{24} の演算及び開弁駆動信号の出力を継続させる(ステップS126)。そして、ステップS128に進み、TCU16は、実スリップ回転数 N_{sl} を次式(25)により演算してこれを負の所定判別値 ΔN_{sl} (例えば、-8~-12rpm)と比較する。

$$N_{sl} = N_t - N_{tc2} \quad \dots (25)$$

ここに、 N_{tc2} は2速時演算タービン回転数であり、トランスファドライブギア回転数 N_o に所定数を乗算した積値として求められる。

実スリップ回転数 N_{sl} が負の所定判別値 ΔN_{sl} より大きいとき($N_{sl} > \Delta N_{sl}$)、TCU16はステップS125に戻り、ステップS125乃至ステップS128を繰り返して実行する。これにより、解放側の

場合には解放側クラッチ34のデューティ率 D_{24} をより小さい値に設定すると摩擦トルクの減少によりタービン回転数 N_t は下降しようとするのに対し、デューティ率 D_{24} をより大きい値に設定すると摩擦トルクの増加によりタービン回転数 N_t は上昇しようとするため、デューティ率 D_{24} のフィードバック制御によりタービン回転数 N_t を所定回転数に保持することが可能である。

そこで、TCU16は、ステップS132で1デューティサイクルの経過を待った後、1デューティサイクル毎に解放側ソレノイド弁48のデューティ率 D_{24} を前記演算式(24)を用いて設定する(ステップS134)。尚、演算式に適用される積分ゲイン K_{i1} 、比例ゲイン K_{p1} 、微分ゲイン K_{d1} は夫々パワーオフダウンシフトに最適な所定の値に設定されている。

次いで、TCU16は実スリップ回転数 N_{sl} が所定スリップ回転数 ΔN_{sl} (例えば、3~8rpm)以上であるか否かを判別する(ステップS135)。この判別結果が否定であればTCU16は前記ステ

ップS132に戻り、実スリップ回転数 $N_{s,n}$ が所定スリップ回転数 $\Delta N_{s,z}$ 以上になるまでステップS132乃至ステップS135を繰り返して実行する。これにより、解放側のソレノイド弁48のデューティ率 $D_{z,n}$ は、上述のように実スリップ回転数 $N_{s,n}$ と目標スリップ回転数 $N_{s,i}$ との差が小さくなるように、即ち、実スリップ回転数 $N_{s,n}$ が目標スリップ回転数 $N_{s,i}$ になるようにフィードバック制御されるのに対し、結合側のソレノイド弁47のデューティ率 $D_{L,n}$ は初期デューティ率 $D_{L,z}$ に一定に保たれる。この結果、ソレノイド弁47の初期デューティ率 $D_{L,z}$ に対応する作動油圧が第1の油圧制御弁44を介して第1速クラッチ33に供給され、クラッチ33の係合が開始され、図示しないピストンは次第に係合完了位置側に移動する。クラッチ33のピストンの移動によりタービン回転数 N_t は上昇を始める。このタービン回転数 N_t の上昇を打消すようにソレノイド弁48のデューティ率 $D_{z,n}$ がより小さい値に設定されデューティ率 $D_{z,n}$ の値は次第に減少する。解放側のソレノイド弁48の

うにしてもよい。

制御区間C及びこれに続く制御区間D、Eでの油圧制御は、結合側のソレノイド弁47のデューティ率 $D_{L,n}$ を、タービン回転変化率 ω_t と所定の目標タービン回転変化率 ω_{to} との差が最小となる値にフィードバック制御し、タービン回転数 N_t を1速時演算タービン回転数 N_{te1} に向かって漸増させるものである。

T C U 1 6 は 先 ず、ステップS136において解放側ソレノイド48のデューティ率 $D_{z,n}$ を前記保持圧を与える所定デューティ率 $D_{z,min}$ に設定して第2速クラッチ34に保持圧を供給するようにし、次で、所定時間 t_0 の経過を待った後(ステップS138)、記憶装置に予め記憶されている所定値を制御区間C～Eに応じて読み出し、これを目標タービン回転変化率 ω_{to} として設定する(ステップS139)。読み出される目標タービン回転変化率 ω_{to} を、フィードバック制御が開始されて間もない制御区間Cではタービン回転数 N_t が漸減する小さい値に設定し、制御区間Cに続く制御区

間Dでは制御区間Cの変化率より大きな値に設定してタービン回転数 N_t の下降速度を早め、第1速クラッチ33の係合が完了する制御区間Eでは、再び小さい変化率に設定して変速ショックの防止が図られる(第25図(a)のタービン回転数 N_t の時間変化参照)。

尚、制御区間Bにおいて、実スリップ回転数 $N_{s,n}$ が所定スリップ回転数 $\Delta N_{s,z}$ 以上になったことが検出されると第24図のステップS136が実行されるが、制御区間Aにおいて、何らかの外乱により実スリップ回転数 $N_{s,n}$ が所定スリップ回転数 $\Delta N_{s,z}$ 以上になったことが、例えば連続するデューティサイクルにおいて2回検出された場合、制御区間Bの油圧制御を省略して直に第24図のステップS136に進み、制御領域Cの油圧制御を開始するよ

うにしてもよい。

次いで、T C U 1 6 は結合側ソレノイド弁47のデューティ率 $D_{L,n}$ を、実スリップ回転数 $N_{s,n}$ が所定スリップ回転数 $\Delta N_{s,z}$ 以上になったことが検出され時点 t_{34} におけるデューティ率、即ち、初期デューティ率 $D_{L,z}$ を初期値として前記演算式(10)及び(18)と類似の次式(26)及び(26a)により演算設定し、設定したデューティ率 $D_{L,n}$ でソレノイド弁47を開閉する駆動信号を出力する(ステップS140)。

$$(D_{L,n})_n = (D_i)_n + K_{P1} \cdot E_n + K_{I1} (E_n - E_{n-1}) \cdots (26)$$

$$(D_i)_n = (D_i)_{n-1} + K_{I1} \cdot E_n + D_{K1} + D_{K2} \cdots (26a)$$

ここに、 $(D_i)_{n-1}$ は前回デューティサイクルにおいて設定した積分項であり、 K_{I1} 、 K_{P1} 、 K_{D1} は積分ゲイン、比例ゲイン、微分ゲインであり、

夫々当該パワーオフダウンシフトに最適な所定の値に設定されている。 E_n は、ステップS139で設定された今回デューティサイクルの目標タービン回転変化率 ω_{to} と実タービン回転変化率 ω_t との偏差($E_n = \omega_{to} - \omega_t$)、 E_{n-1} は前回デューティサイクルの目標タービン回転変化率 ω_{to} と実タービン回転変化率 ω_t との偏差である。

D_{nt} は、変速中のアクセルワーク等によりエンジントルク T_e が変化した場合のタービン軸トルクの変化量 ΔT_t に応じて設定されるタービン軸トルクの補正值であり、この値は前述した演算式(2)～(4)により演算する。

D_{nt} は、制御区間がCからDに、DからEに変化した時点においてのみ適用される、目標タービン回転変化率変更時の補正デューティ率であり、前述の演算式(19)及び(20)から求められる。尚、演算式(19)における係数 α はパワーオフダウンシフトの変速パターンに最適な値に設定されている。

TCU16はステップS140におけるデューティ率 D_{Lk} の演算及び駆動信号の出力の後、ステップ

ィ率 D_{Lk} は制御区間Cにおいて設定される値より小さい値に設定され(第25図(c)のt35時点からt36時点間)、タービン回転数 N_t は略目標タービン回転変化率 ω_{to} で急激に上昇することになる。目標タービン回転変化率 ω_{to} をより大きい値に設定ればするほど、変速応答性が改善されることになる。

次いで、タービン回転数 N_t が更に上昇してトランスファドライバギア回転数 N_o に所定係数を乗算した回転数(例えば、 $2.4 \times N_o$)に至ったとき、即ち、第1速クラッチ33のピストンが、次第に係合完了位置近傍に移動し、タービン回転数 N_t が1速時演算タービン回転数 N_{tc1} に接近したとき、制御区間Dを離脱して制御区間Eに突入したと判断し、前記ステップS139で設定される目標タービン回転変化率 ω_{to} を制御区間Dにおいて設定される値より小さい値に変更する(第25図(a)のt36時点)。目標タービン回転変化率 ω_{to} をより小さい値に変更すると、結合側ソレノイド弁47のデューティ率 D_{Lk} は制御区間Dにおいて

S142に進み、タービン回転数 N_t が1速時演算タービン回転数 N_{tc1} より所定回転数(例えば、80～120rpm)だけ低い回転数 N_{tc10} に至ったか否かを判別する。そして、この判別結果が否定の場合には前記ステップS138に戻り、ステップS138乃至ステップS142を繰り返し実行する。

制御区間Cに突入したばかりの時点では、結合側クラッチ33は係合を開始したばかりであり、上述した目標タービン回転変化率 ω_{to} でタービン回転数 N_t を上昇させることにより、係合開始時の変速ショックが回避される。そして、TCU16はタービン回転数 N_t が上昇してトランスファドライバギア回転数 N_o に所定係数を乗算した回転数(例えば、 $1.7 \times N_o$)に至ったとき、制御区間Cを離脱して制御区間Dに突入したと判断し、前記ステップS139において目標タービン回転変化率 ω_{to} をより大きい値に変更する(第25図(a)のt35時点)。

目標タービン回転変化率 ω_{to} をより大きい値に変更すると、結合側ソレノイド弁47のデューティ

設定される値より大きい値に設定され(第25図(c)のt36時点からt37時点間)、タービン回転数 N_t は略目標タービン回転変化率 ω_{to} で緩慢に上昇することになり、結合側のクラッチ33の係合が完了する時点近傍で生ずる変速ショックが回避されることになる。

前記ステップS142の判別結果が肯定の場合、即ち、タービン回転数 N_t が1速時演算タービン回転数 N_{tc1} より所定回転数(80～120rpm)だけ低い回転数 N_{tc10} に至ると(第25図(c)のt37時点)、TCU16は直に解放側ソレノイド弁48及び結合側ソレノイド弁47のデューティ率 D_{Lk} 、 D_{Lk} をいずれも0%に設定し、該デューティ率 D_{Lk} 、 D_{Lk} でソレノイド弁48、47を開閉する駆動信号を出力する(第25図(b)及び(c)のt37時点)。斯くして、第2速段から第1速段へのパワーオフダウンシフトの変速油圧制御が完了する。

尚、上述の実施例では説明の簡略化の為に、第1速段と第2速段間の変速時の油圧制御手順についてのみ説明したが、第2速段と第3速段間の変

速等、他の変速段間の変速時の油圧制御手順についても同じように説明出来ることは勿論のことである。

又、自動変速装置の変速用摩擦係合要素として油圧クラッチを例に説明したが、変速用摩擦係合要素としてはこれに限定されず、変速用ブレーキであってもよい。

更に、上述の実施例では、本発明の自動変速装置の油圧制御方法をトルクコンバータを備える自動変速装置に適用したものを例に説明したが、駆動力伝達装置としてはトルクコンバータ等の流体継手やダンパクラッチ28のようなスリップ式直結クラッチに限定されず、スリップ制御式電磁粉クラッチ、粘性クラッチ等の入出力軸の回転速度から伝達トルクが略一義的に決定することが出来るもの、或いは、伝達トルクが外部から制御でき、伝達トルクに対応する制御パラメータ値が検出可能なものであれば種々の駆動力伝達装置が適用出来る。

(発明の効果)

発明方法が実施されるトルクコンバータを備えた自動変速装置の概略構成図、第2図は、第1図に示す歯車変速装置30の内部構成の一部を示すギアトレイン図、第3図は、第1図に示す油圧回路40の内部構成の一部を示す油圧回路図、第4図は、第1図に示すトランスミッションコントロールユニット(TCU)16により実行される変速時の油圧制御手順を示すメインプログラムルーチンのフローチャート、第5図は、エンジン回転数 N_e の演算に用いられる、エンジン回転数(N_e)センサ14からのパルス信号の発生状況を示すタイミングチャート、第6図は、スロットル弁開度とトランスファドライブギア回転数とにより区画される変速段領域を示すシフトマップ図、第7図は、パワーオンオフ判定ルーチンのフローチャート、第8図乃至第12図は、パワーオンアップシフト時に実行される油圧制御手順を示すフローチャート、第13図は、パワーオンアップシフト時におけるタービン回転数 N_t 及びトランスファドライブギア回転数 N_o の時間変化、並びに解放側

以上詳述したように、本発明の自動変速装置の油圧制御方法に依れば、伝達トルクが検出可能な駆動力伝達装置を介してエンジンの駆動力が変速装置に伝達され、更に、該変速装置の変速用摩擦係合要素による変速段の切換により適宜の変速段に変速されて車輪に伝達される駆動系の、変速装置の油圧制御方法において、エンジンの回転数の変化率を検出し、駆動力伝達装置の検出された伝達トルクと、検出したエンジン回転数変化率に所定値を乗算した積値とを加算し、該加算値に応じて変速用摩擦係合要素のトルク容量を制御するようにしたので、変速装置の入力軸トルクの瞬時値を正確に演算することができ、この入力軸トルクの瞬時値をパラメータとして摩擦係合要素のトルク容量制御に用いるので、変速途中でアクセルワーク等によりエンジントルクが変化しても、応答性がよく安定な変速制御が得られるという優れた効果を奏する。

4. 図面の簡単な説明

図面は本発明の一実施例を示し、第1図は、本

及び結合側ソレノイド弁のデューティ率変化を示すタイミングチャート、第14図乃至第16図は、パワーオンダウンシフト時に実行される油圧制御手順を示すフローチャート、第17図は、パワーオンダウンシフト時におけるタービン回転数 N_t 及びトランスファドライブギア回転数 N_o の時間変化、並びに解放側及び結合側ソレノイド弁のデューティ率変化を示すタイミングチャート、第18図乃至第20図は、パワーオフアップシフト時に実行される油圧制御手順を示すフローチャート、第21図は、パワーオフアップシフト時におけるタービン回転数 N_t 及びトランスファドライブギア回転数 N_o の時間変化、並びに解放側及び結合側ソレノイド弁のデューティ率変化を示すタイミングチャート、第22図乃至第24図は、パワーオフダウンシフト時に実行される油圧制御手順を示すフローチャート、第25図は、パワーオフダウンシフト時におけるタービン回転数 N_t 及びトランスファドライブギア回転数 N_o の時間変化、並びに解放側及び結合側ソレノイド弁のデューティ

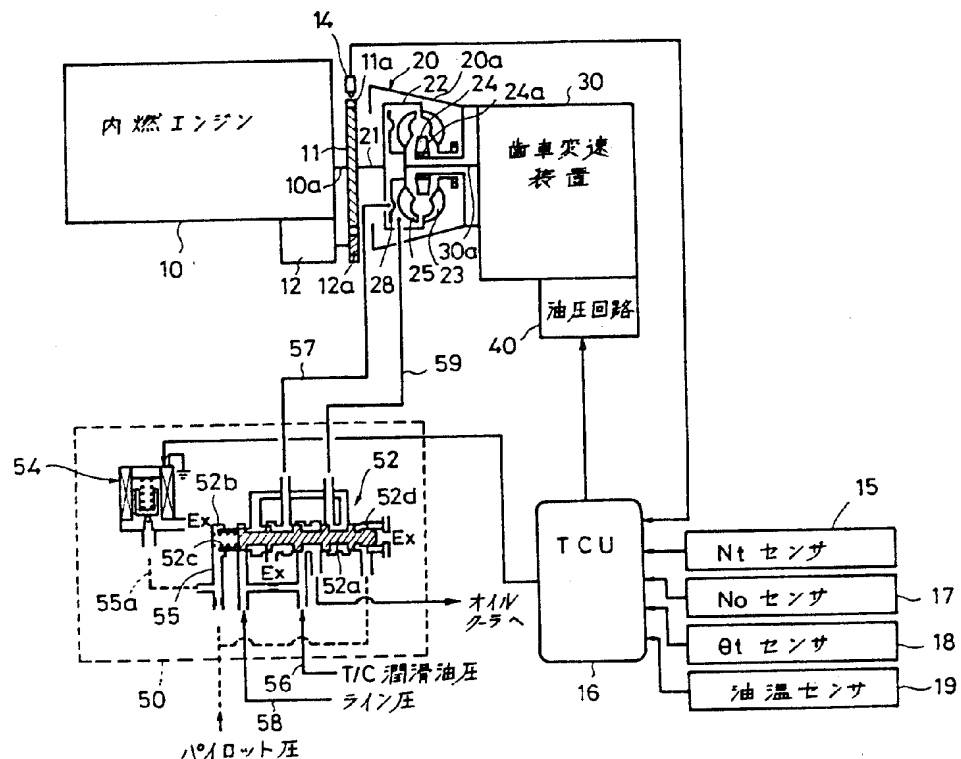
ィ率変化を示すタイミングチャート、第26図は、リフトフットアップシフト時におけるスロットル弁の開度、タービン軸トルク及び出力軸トルクの時間変化を説明するためのタイミングチャートである。

10…内燃エンジン、11a…リングギア、14…Ntセンサ、15…Ntセンサ、16…トランスミッションコントロールユニット(TCU)、17…Noセンサ、19…油温センサ、20…トルクコンバータ、21…駆動軸、23…ポンプ、25…タービン、28…ダンパクラッチ、30…歯車変速装置、30a…タービン軸(入力軸)、31…第1の駆動ギア、32…第2の駆動ギア、33、34…油圧クラッチ(変速クラッチ)、35…中間伝動軸、41…油路、42…パイロット油路、44…第1の油圧制御弁、46…第2の油圧制御弁、47…常開型ソレノイド弁、48…常閉型ソレノイド弁、50…ダンパクラッチ油圧制御回路、52…ダンパクラッチコントロールバルブ、54…ダンパクラッチコントロールソレノイドバ

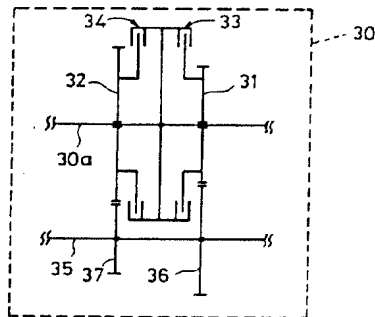
ルブ。

出願人 三菱自動車工業株式会社
代理人 弁理士 長門 侃 二

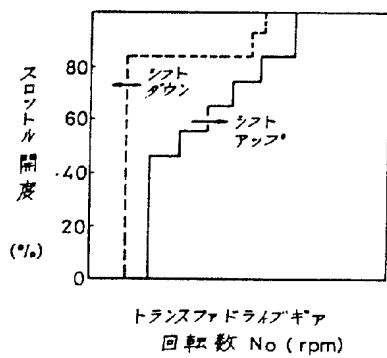
第1図



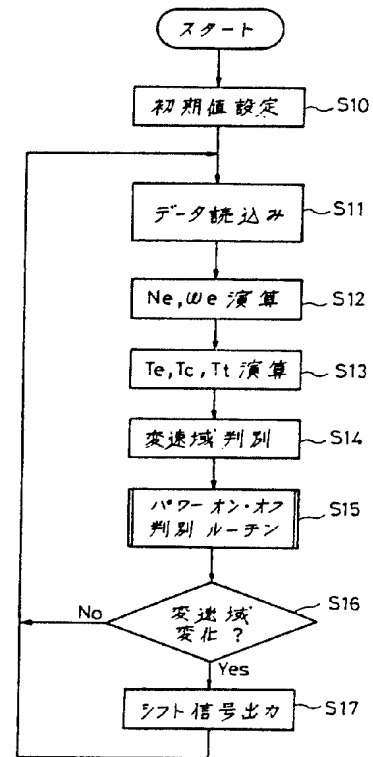
第 2 図



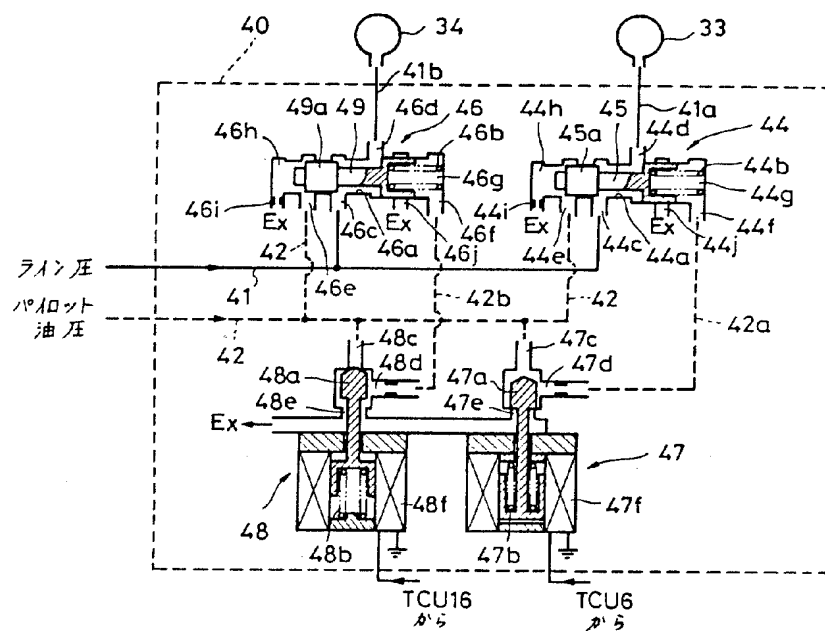
第 6 図



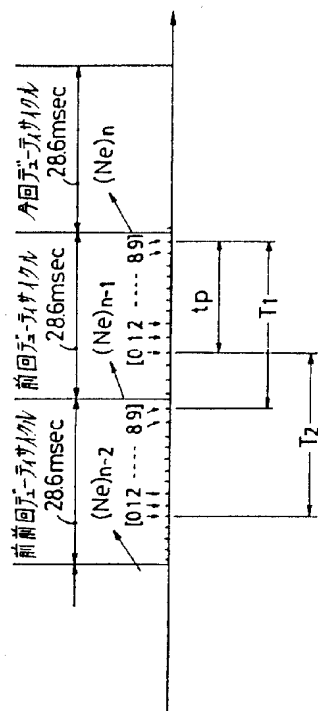
第 4 図



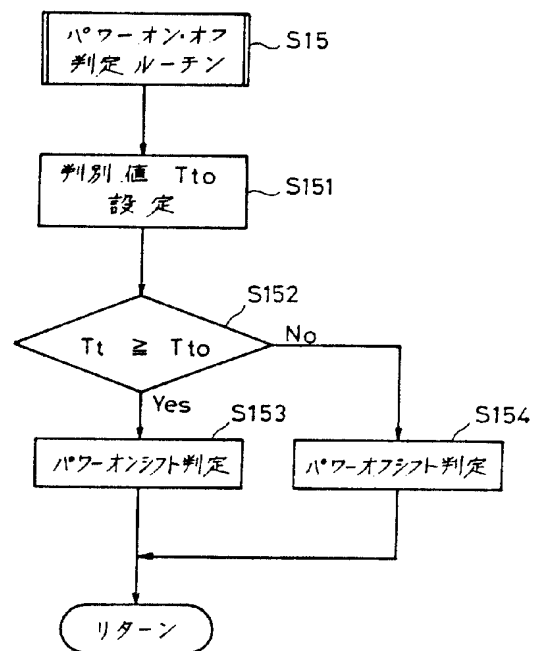
第 3 図



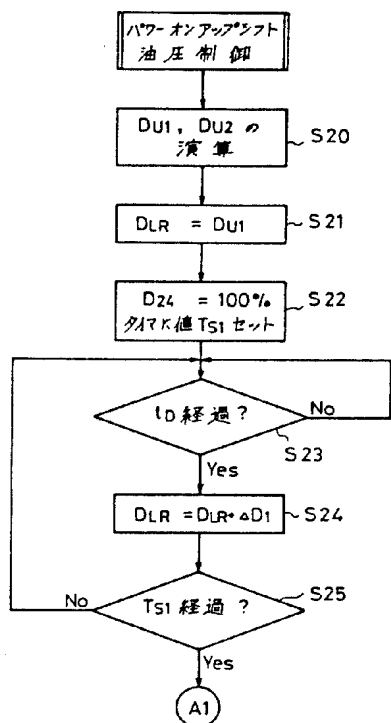
第5卷



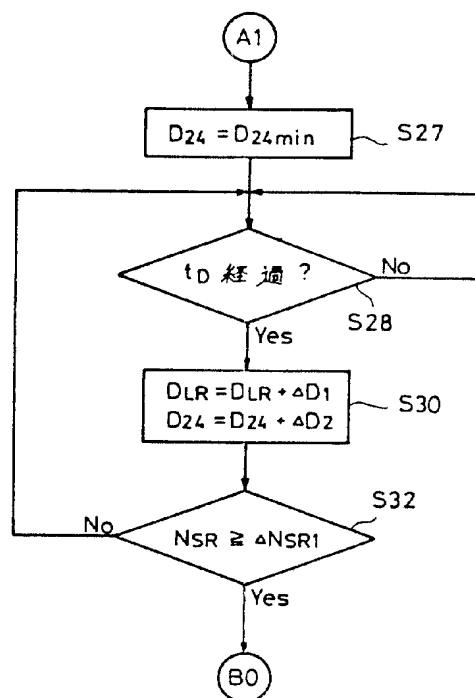
第 7 図



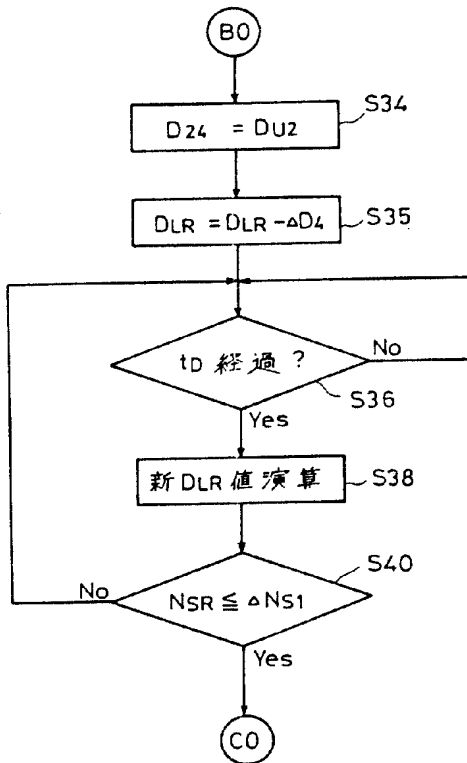
第 8 図



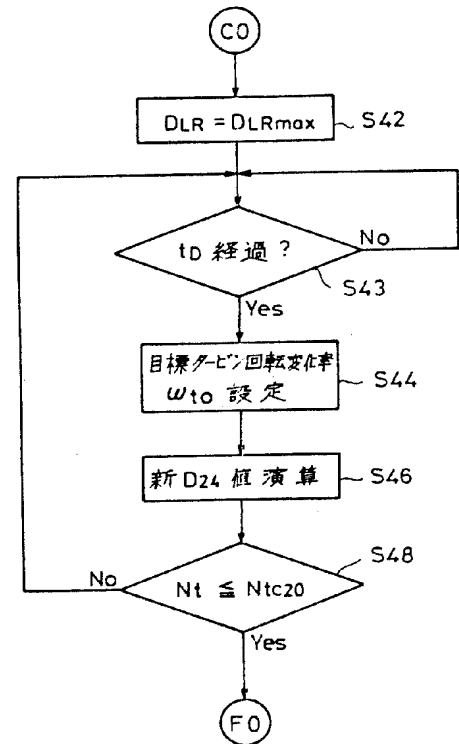
第 9 図



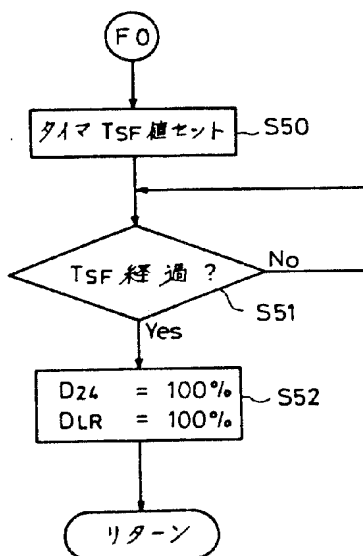
第 10 図



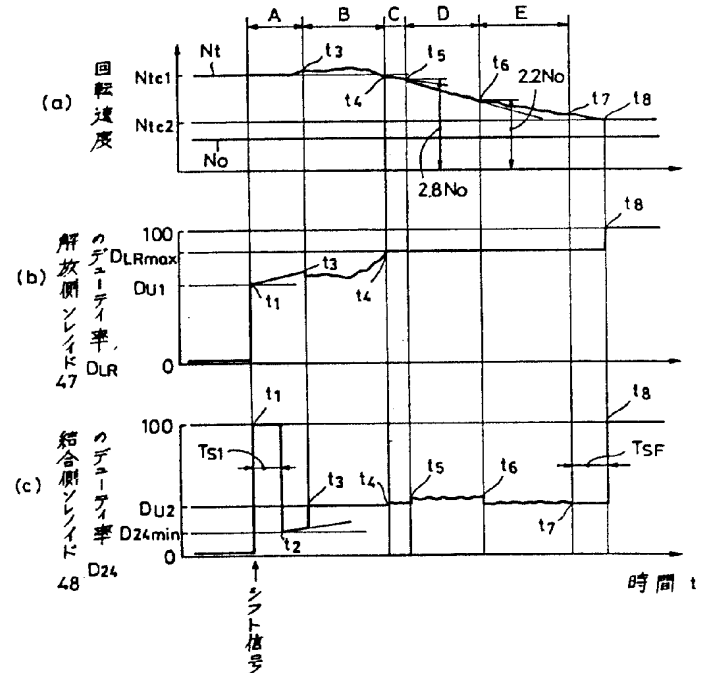
第 11 図



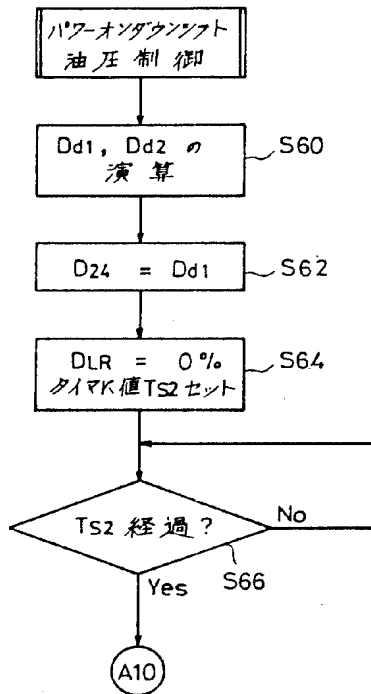
第 12 図



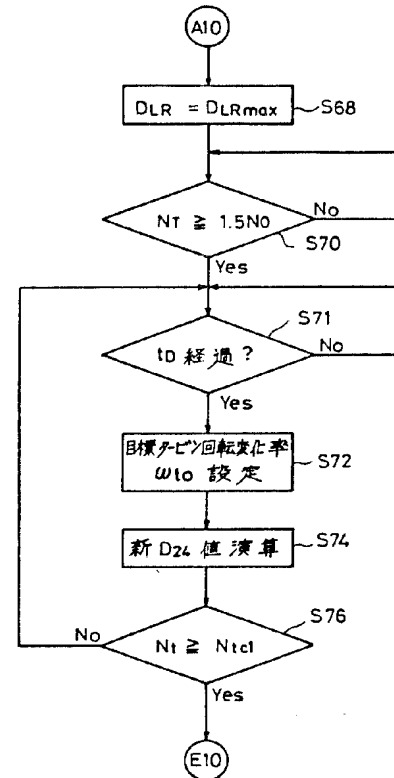
第 13 図



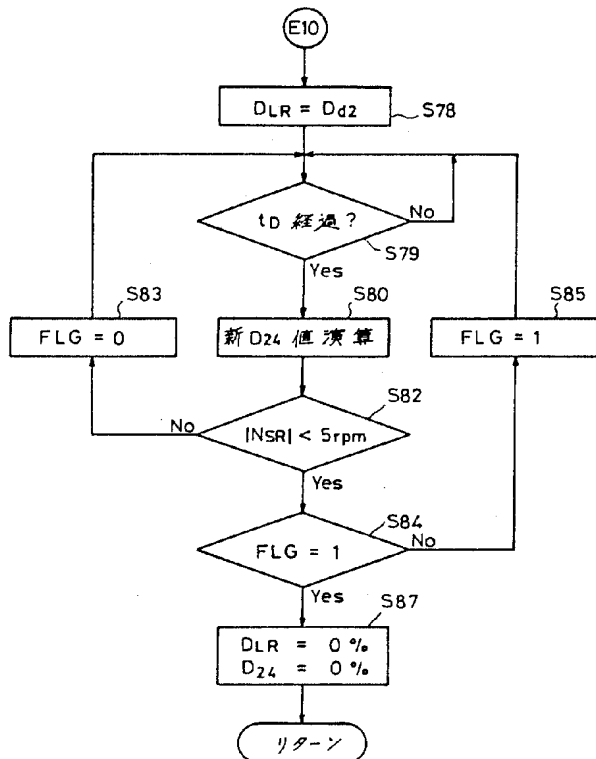
第14図



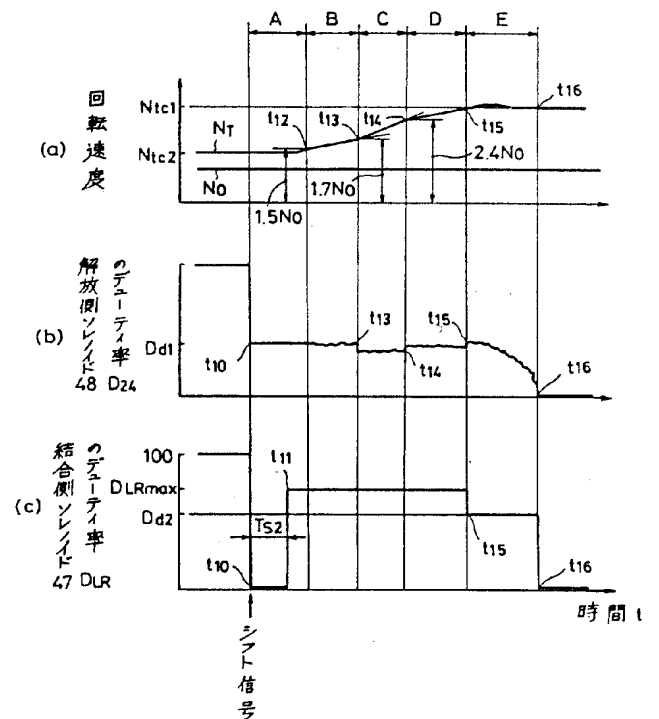
第15図



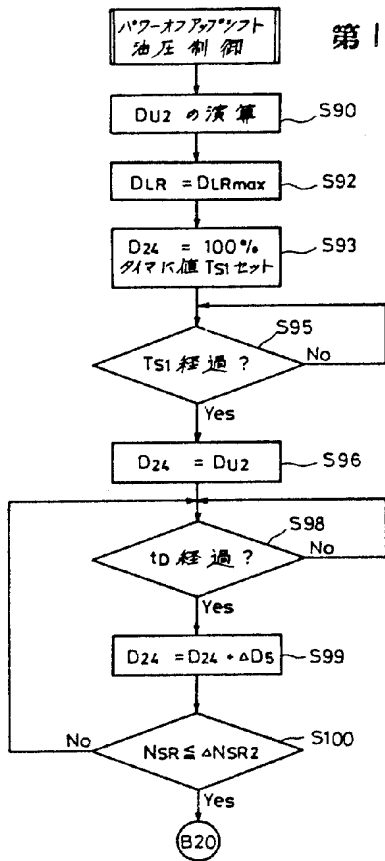
第16図



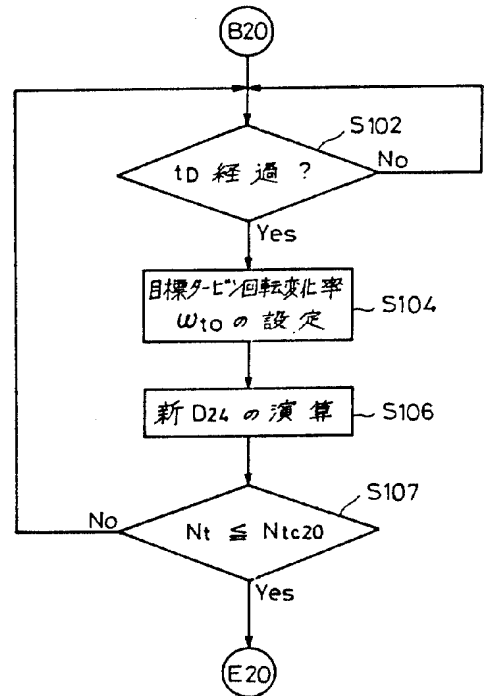
第17図



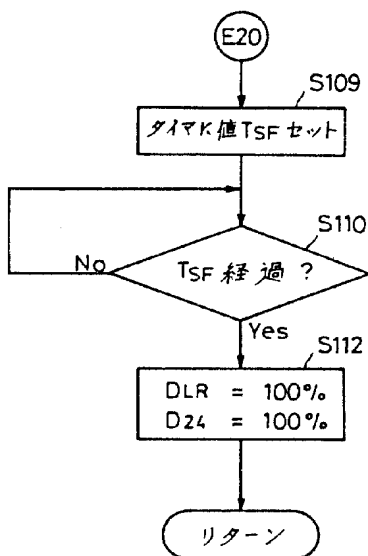
第 18 図



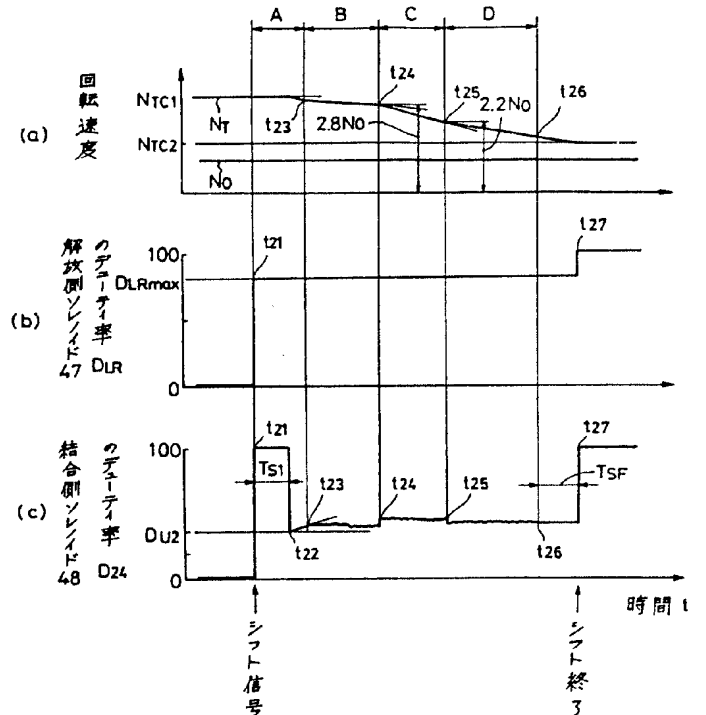
第 19 図



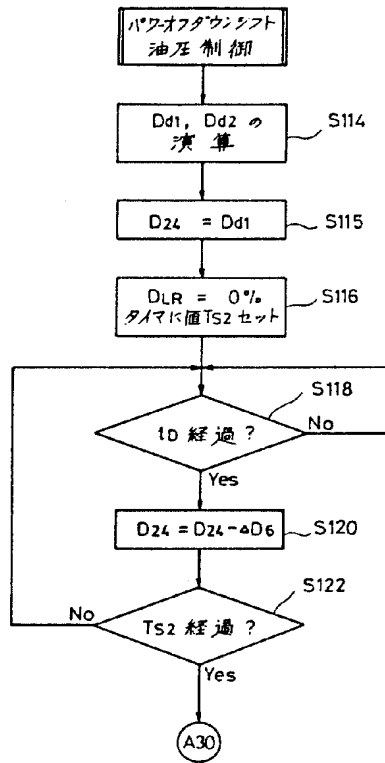
第 20 図



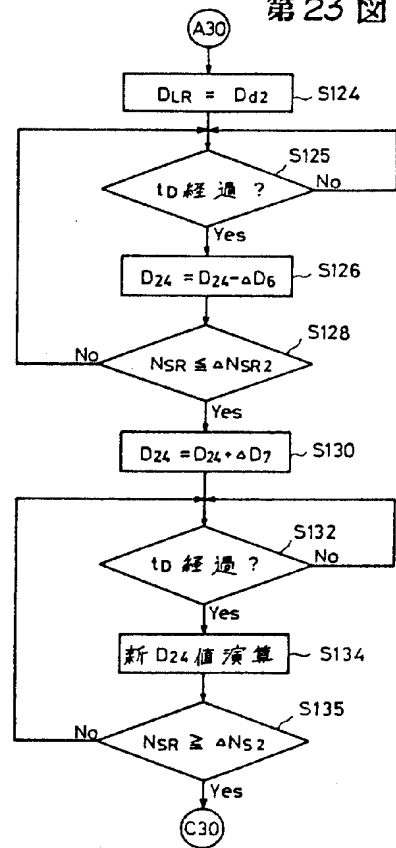
第 21 図



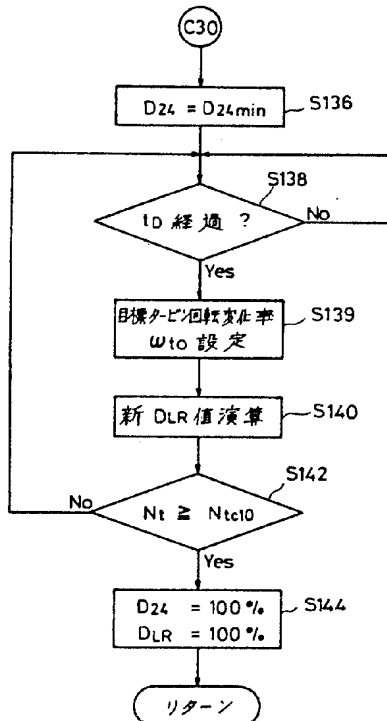
第 22 図



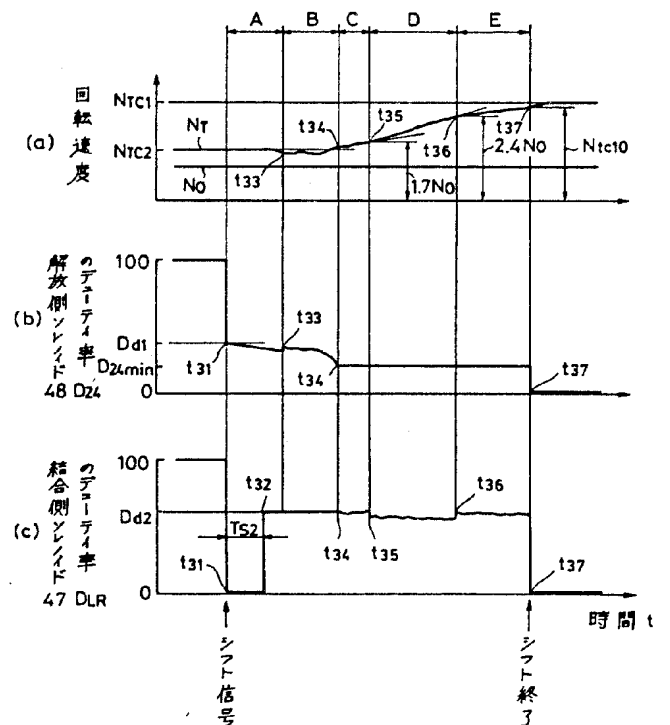
第 23 図



第 24 図



第 25 図



第 26 図

